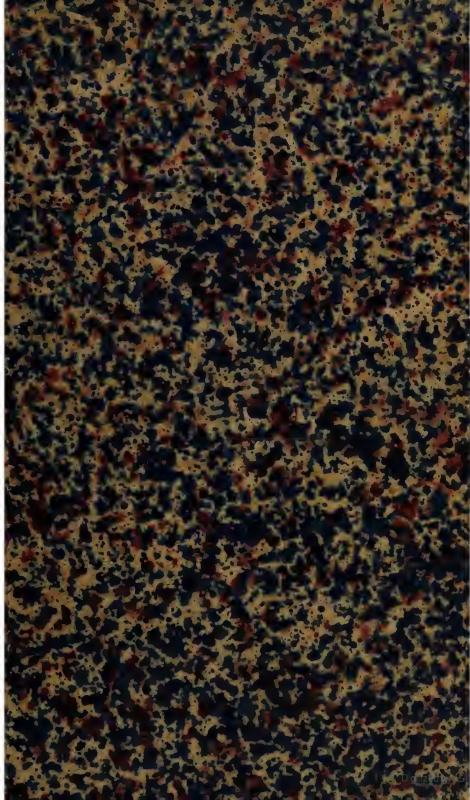






21028

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio *III*



Palchetto *G.*

Num.° d'ordine *34.* *24464*

170 8 12

NAZIONALE

B. Prov.

VITT. EM. III

158

NAPOLI

C. Brown
II
158

11
11

GUIDA

DEL

CONSTRUTTORE DEI LAVORI PUBBLICI.

l'editore della presente Opera intende valersi dei diritti accordati
dalle leggi vigenti sulla proprietà letteraria.

Tipografia Tofani, Via S. Zucchi N. 5425.

609197

GUIDA

DEL

COSTRUTTORE DEI LAVORI PUBBLICI

COMPILATA

DALL' INGEGNERE ARCHITETTO

ORLANDO ORLANDINI

SULLE TRACCE

DI QUELLA PUBBLICATA A PARIGI NELL'ANNO 1850

DA

A. LIXAUTE.

Volume Unico.

FIRENZE,
ANGIOLO GARINERI

Libraio-Editore

1851.



...

GUIDA

DEL

COSTRUTTORE DEI LAVORI PUBBLICI.

INTRODUZIONE.

Un esame anche superficiale del Manuale che ti presento o benevolo *lettore*, varrà a persuaderti che il *capo costruttore* dei Lavori Pubblici, ed a più forte ragione, l'*ingegnere direttore* di questi, devono aver familiari le nozioni matematiche e quelle delle arti del disegno.

Fra le prime, e che più direttamente interessano il costruttore, annoveransi la geometria, la trigonometria, l'aritmetica, l'algebra, (almeno fino alle equazioni di terzo grado) e l'applicazione dell'algebra alla geometria descrittiva.

Fra le seconde, figura la intelligente ed elegante esposizione per mezzo delle arti del disegno di ogni dimostrazione dei solidi, nelle loro proiezioni e profili tanto sul piano orizzontale che nel verticale. Inoltre sono da aggiungere gli esercizi di chiaro-scuro e di ornamentazione tanto relativi a dimostrare le costruzioni architettoniche, non che i piani delle campagne e le loro

parti prominenti e proiettate. Quindi bisogna che *i capi costruttori* dei lavori pubblici, *e molto più gli ingegneri*, sieno esperti anche nelle arti del disegno, senza di che non perverranno mai a comunicare utilmente ai manfattori subalterni le loro idee nè ad aver diritto alla direzione degli artigiani.

La Guida che sottopongo al discernimento degli artisti riunisce molte cose importanti, che in passato ed anche modernissimamente uomini d'ingegno tolsero a contributo dalle matematiche e dalla scienza per servirsene nella pratica. A coloro che dicono non esser questa Opera che una raccolta di cose altrui, faccio osservare che gli uomini di senno ben conoscono che nelle Scienze esatte sono rarissime le nuove scoperte, che Belidor, Duhamel, Rondelet, Cavalieri e diversi altri trattatisti, non hanno in sostanza che dato un ordine di regolare esposizione a ciò che la scienza e la pratica avevan già autenticato.

A coloro poi, *che poco benevoli*, dicono non essere questa mia già annunziata fatica, che una semplice traduzione, dirò che allorquando daransi la pena di confrontare questa versione con l'edizione della Guida di A. Lixaute pubblicata a Parigi del 1850, vedranno che molte cose utili particolarmente a noi italiani, sono state aggiunte, molte altre di locale interesse soltanto, tolte; che è stata rettificata la esposizione delle formule e calcolazioni, infetto nell'edizione di Parigi di molti errori tipografici; che sono state soppresse alcune tavole di semplice lusso artistico, ed aggiunte altre che reputaronsi utili, ed infine che è stata eseguita per la parte maggiore dell'opera, una traduzione libera, nella quale i termini dell'arte e di tecnicismo non potevano che esser portati alla loro corrispondente significazione che dà un artista versato nelle teorie e nella pratica.

Questa Guida potrà riuscire eminentemente utile agli ingegneri di ponti e strade agli agenti ed ispettori delle ammini-

strazioni pubbliche e private, agli accollatarii dei lavori d'arte, ed ai possidenti terrieri, e più specialmente a questi ultimi, in ciò che concerno la difesa delle ripe dei fiumi e la ricerca ed utilizzazione delle acque.

In fine l'intento principale a cui mira il presente lavoro, si è quello di porre al corrente con economia di tempo e di spesa, gli uomini che si curano del progresso, di molte cose relative all'arte del costruttore, che l'operosità dei tempi ultimamente decorsi, ha sapute appurare e rendere di pubblico diritto.

ORLANDO ORLANDINI.

CAPITOLO PRIMO.

PRESCRIZIONI PER TRACCIARE LE STRADE RUOTABILI,
LE STRADE FERRATE ED I CANALI.

Per bene tracciare una strada, bisogna avere in mira l'economia la convenienza e l'utilità; ma per conseguire questo triplo intento occorre possedere una perfetta conoscenza della configurazione del paese che deve essere traversato, affine di profittare di tutte le posizioni uniformi o ondulate del terreno onde tracciare delle belle linee rette e delle curve vantaggiose evitando possibilmente i grandi sterri e rinterri che sempre rendono maggiori le spese. Deve aversi principalmente in mira di non oltrepassare la pendenza di quattro centimetri a metro per le strade a ruote, e di quattro millimetri a metro per le strade a rotaie di ferro: questi sono i maximum che non debbono mai oltrepassarsi ed ai quali debbesi giungere il meno possibile. I mezzi di ottenere questi risultati con economia e senza nuocere all'arte, consistono nel costeggiare le vallate, nel seguire il dorso dei colli, evitando di salire per discendere, quanto è possibile, praticando al bisogno delle gallerie onde traversare le poggiate che separano le valli. Allorchè la traccia esige dei tagli di suolo oltrepassanti la profondità di quindici metri, riuscirà sempre più vantaggioso di ottenere il passaggio col mezzo di una galleria. Nelle strade ferrate, le curve che connestano due tratti rettilinei, non debbono giammai risultare da un raggio mi-

nore di mille metri. Si seguono per i canali le regole stesse, con la differenza però, che la pendenza generale, dividesi per l'altezza fra i livelli delle chiuse, e questa operazione determina al tempo stesso il numero delle chiuse che raggiungeranno la total pendenza del canale.

È di assoluta necessità lo studiare e tracciare più linee sul terreno, per ottenere la direzione che presenta le condizioni migliori. Le mappe del catasto offrono un gran soccorso per impedire con speditezza e buon risultato gli studii preliminari di che si parla.

Della traccia delle curve sul terreno.

Si connestano sempre due linee rette che incontrerebbonsi formando un angolo, mediante l'interposizione di una curva. Ecco alcune formule geometriche per tracciare tali curve sul terreno.

PRIMA FORMULA. — Siano dati due allineamenti AB e BC che s'incontrino al punto B, (Tav. 4. fig. 4.) si fa $BC = AB$; si divide BC ed AB in parti eguali, ad esempio, di ottanta metri ognuna. Si pone un picchetto in V, cioè all'intersezione delle due linee rette $a c$, $b d$; un altro picchetto in x , cioè all'intersezione delle due linee $b d$, $c e$; un altro in y , cioè sull'intersezione delle due linee $c e$, $d b$; un altro in z , cioè all'intersezione delle due linee rette $e a$, $d b$; se poi i punti v , x , y , z , che segnano il passaggio della curva ricercata sembrassero fra loro troppo distanti, riuscirebbe facile trovarne con processo analogo degli intermedi, quando che non si fosse preferito fino di principio di dividere le linee AB, BC, in dodici, venti o ventiquattro parti piuttostochè in sei, operando poi analogamente al sistema che abbiamo indicato per rinvenire la curva di derivazione.

SECONDA FORMULA. — Siano da congiungersi due allineamenti retti AB, BC, che si incontrino nel punto B (fig. 2.) Uniscansi i punti A, C, con la retta ADC, dopo aver fatto $AB = BC$; $DC = 500$ metri e $DE = 400$ metri.

Ciò posto, dividasi la semicorda DC in parti eguali di metri 100, ciascuna; si conduca una parallela alla corda ADC, alla distanza stabilita dalla linea DE che rappresenta la freccia dell'arco da determinarsi. Dai punti 100, 200, 300, cc. della semicorda DC, si alzino altrettante perpendicolari alla corda stessa e fino all'incontro della retta FEG. In fine per ottenere tutti i diversi punti dell'arco EmC, occorre elevare a quadrato la semicorda DC (500)² che indicheremo con h^2 , e quindi dividere h^2 per la freccia ED (100) che indicheremo con f , e faremo $\frac{h^2}{f} = x$; altresì occorre elevare a quadrato, ognuna delle ascisse corrispondenti a ciaschedun punto della curva da determinarsi; cioè indicheremo con a , la distanza 100 da D ad a ; con b , la distanza 200 da D a b , e così di seguito; le dette ascisse rappresenteremo con y , quale eleveremo successivamente a quadrato, e poi divideremo per x , cioè $\frac{y^2}{x} =$ all'ordinata. Sostituendo i valori alle lettere ed eseguendo i calcoli, avremo $h = 500$; $h^2 = (500)^2 = 250000$; $f = 100$; $f^2 = (100)^2 = 10000$. L'ascissa Da = 100 = y ; $y^2 = (100)^2 = 10000$.

Quindi avremo, $\frac{h^2}{f} = \frac{250000}{100} = 2500$. Avremo altresì $y^2 = 10000$; ma $\frac{10000}{2500} = 4$, dunque l'ordinata dell'ascissa a , è 4.

Avremo pure b^2 ovvero $y^2 = 40000$; ma $\frac{40000}{2500} = 16$.

Proseguendo, troveremo con lo stesso calcolo che l'ordinata dell'ascissa c ossia 300 è 36; dell'ascissa d ossia 400 è 64 ec.

Quando i punti che segnano il passaggio della curva risultassero fra loro troppo distanti, si potranno trovare con sistema analogo tutte le ordinate intermedie fra 4 e 100, fra 100 e 200. . .

TERZA FORMULA. — Sieno dati i due allineamenti retti AB, BC che si incontrino in B (fig. 3) e si voglia connestarli mediante una curva che abbia metri 200 di freccia. Si facciano AD, e DC, ognuno eguale a 1000 metri, ponendo i punti estremi A e C all'intersezione dei già stabiliti allineamenti AB, BC. Conducasi la retta AMC e dal punto M, mezzo di AC si elevi la perpendicolare MB che dividerà l'angolo ADC in due parti eguali.

Il triangolo rettangolo DMC da : $\overline{DM}^2 \times \overline{CM}^2 = \overline{DC}^3$, dal che, $\overline{CM}^3 = \overline{DC}^3 - \overline{DM}^3$. Sostituendo i valori alle lettere, avremo $(1000)^3 - (200)^3 = \sqrt[3]{960000} = 979,80$. Così il lato MC del triangolo rettangolo DMC, che rappresenta il seno dell'arco DC, è eguale a metri 979,80.

Se si prolunga la retta BM indefinitamente, e se dal punto C si conduca sulla retta DC una perpendicolare indefinita, questa incontrerà il prolungamento di BM al punto Y e tal punto d'incontro sarà il limite del diametro della circonferenza dell'arco DC.

Effettivamente, noi abbiamo i tre triangoli rettangoli DCM, MCY e DCY simili fra loro come aventi gli angoli eguali. I triangoli DCY e MCY hanno l'angolo C = a l'angolo M siccome retti, e l'angolo Y gli è comune, dunque i loro terzi angoli C' e D sono eguali, poichè i tre angoli di un triangolo sono eguali a due retti.

Nel modo stesso, i triangoli DCM e CMY hanno ciascuno gli angoli M eguali perchè retti; ma d'altronde abbiamo già provato che l'angolo C' è eguale all'angolo D, dunque i loro terzi angoli C'' e Y sono pure eguali. Questi due ultimi triangoli essendo simili danno la proporzione $DM : MC :: MC : MY$. Sostituendo i valori noi avremo $200 : 979,80 :: 979,80 : MY$, o $x = 4800$. Ma $MY + DM$, o $4800 + 200 =$ al diametro $DY = 5000$, dal che il raggio $R = 2500$; ed MC, o 979,80 è il seno dell'arco DC, e si avrà il valore del suo coseno $AE = \sqrt{R^2 - (MC)^2} = 2300$ metri.

Frattanto per ottenere le ordinate che daranno l'arco ADC, bisogna dividere la corda AMC in parti eguali di dieci metri ciascuna, e da questi punti di divisione elevare delle perpendicolari infino all'arco ADC, si avranno per le prime ordinate.

$$aa' = \sqrt{R^2 - (10)^2} - 2300 = \sqrt{(6250000 - 100)} - 2300 = 199m,98$$

$$bb' = \sqrt{R^2 - (20)^2} - 2300 = \sqrt{(6250000 - 400)} - 2300 = 199m,93$$

$$cc' = \sqrt{R^2 - (30)^2} - 2300 = \sqrt{(6250000 - 900)} - 2300 = 199m,82$$

$$dd' = \sqrt{R^2 - (40)^2} - 2300 = \sqrt{(6250000 - 1600)} - 2300 = 199m,68$$

$$ee' = \sqrt{R^2 - (50)^2} - 2300 = \sqrt{(6250000 - 2500)} - 2300 = 199m,50$$

E così di seguito per tutte le altre divisioni del seno MC.

Dopo avere determinate tutte le ordinate dell'arco ADC, esse si tratteranno sul terreno; ma per operare sopra distanze più brevi, avendo tracciata la corda AMC, potrà condursi a questa una parallela a 190 metri dal punto M, andando verso il punto D. Questa parallela servirà di base alle ordinate, che così si troveranno diminuite di 190 metri, in maniera che l'ordinata aa' non avrà più che 9,998 e così le altre. Per ogni 10 metri che le ordinate si avvicineranno alla curva, si tratteranno delle nuove parallele alla corda predetta, ogni 10 metri indietreggiando verso questa, e tali parallele serviranno successivamente di base di operazione alle ordinate dell'arco ADC.

La proporzione dei triangoli simili DCM e CMY, $DM : CM :: CM : MY$ dà la formula seguente. Il raggio eguale al quadrato del seno diviso per la freccia, più la freccia, il tutto diviso per due.

In effetto, DM è la freccia dell'arco ADC; MC è la semicorda del medesimo arco, o il seno della metà di questo arco. Così designando DM per f ; CM pel seno C, ed MY che è il diametro meno la freccia, per $2R-f$, noi avremo la proporzione preavvertita.

Infatti, conoscendo la corda e la freccia di un arco qualunque, troverassi il raggio di questo arco con la formula $\frac{C^2}{f} + f = R$, e trovato il raggio otterrassi il coseno con la formula $R^2 = \text{sen. } C + \cos. x^2$, dal che $\cos. x = \frac{R^2}{\text{sen. } C^2}$.

QUARTA FORMULA. — Elementi relativi ad una curva in arco di cerchio (fig. 4).

$$(a) \text{ OA} = \frac{AB \times AD}{BD}, \text{ o } r = \frac{t \times c}{f}$$

$$\text{BE} = \frac{AB \times BD}{AB + AD}, \text{ o } f = \frac{t \times f}{t + c}$$

$$\text{DE} = \frac{AD \times BD}{AB + AD}, \text{ o } f = \frac{c \times f}{t + c}$$

$$\text{AG} = \frac{AB \times AD}{AB + AD}, \text{ o } t = \frac{t \times c}{t + c}$$

Se α , è l'angolo delle tangenti enunziate in gradi e centimetri (non in minuti) lo sviluppo dell'arco AEC è dato dalla formula :

(a) Sviluppo della curva $= 0,01745 \times r \times (180^\circ - \alpha)$, il raggio avendo il valore dell'equazione.

Tavola che serve a trovare la lunghezza l di un arco di cerchio, allorchè si conosce la sua corda c e la sua freccia f .

VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .
0.100	1.02645	0.141	1.05220	0.181	1.08319
0.101	1.02696	0.142	1.05293	0.182	1.08411
0.102	1.02752	0.143	1.05367	0.183	1.08504
0.103	1.02808	0.144	1.05441	0.184	1.08597
0.104	1.02860	0.145	1.05516	0.185	1.08690
0.105	1.02914	0.146	1.05591	0.186	1.08784
0.106	1.02970	0.147	1.05667	0.187	1.08879
0.107	1.03026	0.148	1.05743	0.188	1.08974
0.108	1.03082	0.149	1.05819	0.189	1.09069
0.109	1.03139	0.150	1.05896	0.190	1.09165
0.110	1.03196	0.151	1.05973	0.191	1.09261
0.111	1.03254	0.152	1.06051	0.192	1.09357
0.112	1.03312	0.153	1.06130	0.193	1.09454
0.113	1.03371	0.154	1.06209	0.194	1.09552
0.114	1.03430	0.155	1.06288	0.195	1.09650
0.115	1.03490	0.156	1.06368	0.196	1.09749
0.116	1.03551	0.157	1.06449	0.197	1.09848
0.117	1.03611	0.158	1.06530	0.198	1.09947
0.118	1.03672	0.159	1.06611	0.199	1.10047
0.119	1.03734	0.160	1.06693	0.200	1.10148
0.120	1.03797	0.161	1.06775	0.201	1.10249
0.121	1.03860	0.162	1.06858	0.202	1.10350
0.122	1.03923	0.163	1.06941	0.203	1.10451
0.123	1.03987	0.164	1.07025	0.204	1.10552
0.124	1.04051	0.165	1.07109	0.205	1.10654
0.125	1.04116	0.166	1.07194	0.206	1.10757
0.126	1.04181	0.167	1.07279	0.207	1.10860
0.127	1.04247	0.168	1.07365	0.208	1.10964
0.128	1.04313	0.169	1.07451	0.209	1.11068
0.129	1.04380	0.170	1.07537	0.210	1.11173
0.130	1.04447	0.171	1.07624	0.211	1.11279
0.131	1.04515	0.172	1.07711	0.212	1.11384
0.132	1.04584	0.173	1.07799	0.213	1.11490
0.133	1.04652	0.174	1.07888	0.214	1.11596
0.134	1.04722	0.175	1.07977	0.215	1.11703
0.135	1.04792	0.176	1.08066	0.216	1.11810
0.136	1.04862	0.177	1.08156	0.217	1.11917
0.137	1.04932	0.178	1.08246	0.218	1.12025
0.138	1.05003	0.179	1.08337	0.219	1.12134
0.139	1.05075	0.180	1.08428	0.220	1.12244
0.140	1.05147				

Seguito della Tavola che serve a trovare la lunghezza l di un arco di cerchio, allorchè si conosce la sua corda da c e la sua freccia f .

VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .
0.224	1.12665	0.261	1.17275	0.301	1.22709
0.222	1.12666	0.262	1.17401	0.302	1.22846
0.223	1.12778	0.263	1.17527	0.303	1.22984
0.224	1.12889	0.264	1.17655	0.304	1.23122
0.225	1.13000	0.265	1.17784	0.305	1.23260
0.226	1.13112	0.266	1.17912	0.306	1.23398
0.227	1.13224	0.267	1.18040	0.307	1.23536
0.228	1.13337	0.268	1.18162	0.308	1.23675
0.229	1.13450	0.269	1.18294	0.309	1.23815
0.230	1.13563	0.270	1.18423	0.310	1.23956
0.231	1.13676	0.271	1.18557	0.311	1.24098
0.232	1.13789	0.272	1.18688	0.312	1.24241
0.233	1.13903	0.273	1.18819	0.313	1.24385
0.234	1.14018	0.274	1.18951	0.314	1.24530
0.235	1.14134	0.275	1.19082	0.315	1.24676
0.236	1.14250	0.276	1.19212	0.316	1.24822
0.237	1.14367	0.277	1.19344	0.317	1.24968
0.238	1.14484	0.278	1.19477	0.318	1.25115
0.239	1.14601	0.279	1.19610	0.319	1.25262
0.240	1.14718	0.280	1.19743	0.320	1.25409
0.241	1.14835	0.281	1.19877	0.321	1.25556
0.242	1.14952	0.282	1.20011	0.322	1.25705
0.243	1.15069	0.283	1.20146	0.323	1.25851
0.244	1.15187	0.284	1.20282	0.324	1.25999
0.245	1.15306	0.285	1.20419	0.325	1.26147
0.246	1.15426	0.286	1.20558	0.326	1.26295
0.247	1.15547	0.287	1.20696	0.327	1.26444
0.248	1.15667	0.288	1.20838	0.328	1.26593
0.249	1.15791	0.289	1.20967	0.329	1.26743
0.250	1.15914	0.290	1.21202	0.330	1.26894
0.251	1.16036	0.291	1.21339	0.331	1.27045
0.252	1.16158	0.292	1.21476	0.332	1.27197
0.253	1.16280	0.293	1.21613	0.333	1.27349
0.254	1.16403	0.294	1.21750	0.334	1.27502
0.255	1.16526	0.295	1.21887	0.335	1.27656
0.256	1.16649	0.296	1.22024	0.336	1.27810
0.257	1.16774	0.297	1.22161	0.337	1.27964
0.258	1.16899	0.298	1.22298	0.338	1.28118
0.259	1.17024	0.299	1.22435	0.339	1.28273
0.260	1.17150	0.300	1.22572	0.340	1.28428

Seguito della Tavola che serve a trovare la lunghezza l di un arco di cerchio, allorchè si conosce la sua corda c e la sua freccia f .

VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .
0.341	1.28559	0.381	1.35066	0.421	1.42041
0.342	1.28739	0.382	1.35237	0.422	1.42222
0.343	1.28895	0.383	1.35406	0.423	1.42402
0.344	1.29052	0.384	1.35576	0.424	1.42582
0.345	1.29209	0.385	1.35744	0.425	1.42764
0.346	1.29366	0.386	1.35914	0.426	1.42945
0.347	1.29523	0.387	1.36084	0.427	1.43127
0.348	1.29681	0.388	1.36254	0.428	1.43309
0.349	1.29839	0.389	1.36425	0.429	1.43491
0.350	1.29997	0.390	1.36596	0.430	1.43673
0.351	1.30156	0.391	1.36767	0.431	1.43856
0.352	1.30315	0.392	1.36939	0.432	1.44039
0.353	1.30474	0.393	1.37111	0.433	1.44222
0.354	1.30634	0.394	1.37283	0.434	1.44406
0.355	1.30794	0.395	1.37455	0.435	1.44589
0.356	1.30954	0.396	1.37628	0.436	1.44773
0.357	1.31115	0.397	1.37805	0.437	1.44957
0.358	1.31276	0.398	1.37974	0.438	1.45142
0.359	1.31437	0.399	1.38148	0.439	1.45327
0.360	1.31599	0.400	1.38322	0.440	1.45512
0.361	1.31761	0.401	1.38496	0.441	1.45697
0.362	1.31923	0.402	1.38671	0.442	1.45883
0.363	1.32086	0.403	1.38846	0.443	1.46069
0.364	1.32249	0.404	1.39021	0.444	1.46255
0.365	1.32413	0.405	1.39196	0.445	1.46441
0.366	1.32577	0.406	1.39372	0.446	1.46628
0.367	1.32741	0.407	1.39548	0.447	1.46815
0.368	1.32905	0.408	1.39724	0.448	1.47002
0.369	1.33069	0.409	1.39900	0.449	1.47189
0.370	1.33234	0.410	1.40077	0.450	1.47377
0.371	1.33399	0.411	1.40254	0.451	1.47565
0.372	1.33564	0.412	1.40432	0.452	1.47753
0.373	1.33730	0.413	1.40610	0.453	1.47942
0.374	1.33896	0.414	1.40788	0.454	1.48131
0.375	1.34063	0.415	1.40966	0.455	1.48320
0.376	1.34229	0.416	1.41145	0.456	1.48509
0.377	1.34396	0.417	1.41324	0.457	1.48699
0.378	1.34563	0.418	1.41505	0.458	1.48889
0.379	1.34731	0.419	1.41682	0.459	1.49079
0.380	1.34899	0.420	1.41861	0.460	1.49269

Seguito della Tavola che serve a trovare la lunghezza l di un arco di cerchio, allorché si conosce la sua corda c e la sua freccia f .

VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .	VALORE dato di $\frac{f}{c}$	VALORE corrispondente che bisogna moltiplicare per c per avere l .
0.461	1.49460	0.475	1.52152	0.488	1.54696
0.462	1.49651	0.476	1.52346	0.489	1.54893
0.463	1.49842	0.477	1.52541	0.490	1.55090
0.464	1.50033	0.478	1.52736	0.491	1.55288
0.465	1.50224	0.479	1.52931	0.492	1.55486
0.466	1.50416	0.480	1.53126	0.493	1.55685
0.467	1.50608	0.481	1.53322	0.494	1.55884
0.468	1.50800	0.482	1.53518	0.495	1.56083
0.469	1.50992	0.483	1.53714	0.496	1.56282
0.470	1.51185	0.484	1.53910	0.497	1.56481
0.471	1.51378	0.485	1.54106	0.498	1.56680
0.472	1.51571	0.486	1.54302	0.499	1.56879
0.473	1.51764	0.487	1.54499	0.500	1.57079
0.474	1.51958				

Esempi per l'applicazione della Tavola antecedente.

1.° Trovare la lunghezza di un arco, di cui la corda è 47^m,85 e la freccia 2^m,35.

Si fa $\frac{f}{c} = \frac{2,35}{47,85} = 0,426$. Si cerca nelle colonne ai valori dati di $\frac{f}{c}$, il numero 426, si trova il rapporto di 4,04181 quale bisogna moltiplicare per la corda (47,85); sia $4,04181 \times 47,85 = 48^m,596$ per la lunghezza dell'arco.

2.° Trovare la lunghezza di un arco di cui la corda è 115^m,65 e la freccia 13^m,19.

$\frac{f}{c} = \frac{13,19}{115,65} = 0,114 = 1,03130 \times 115^m,65 = 119^m,62$ per la lunghezza dell'arco.

3.° Trovare la lunghezza di un arco di cui la corda è di 33 metri e la freccia di 9 metri.

$\frac{f}{c} = \frac{9}{33} = 257 = 1,16771 \times 35 = 40,87$ per la lunghezza dell'arco.

**Applicazione della forza motrice per i trasporti
sulle strade ordinarie.**

Il motore principale che agisce sulle strade ordinarie è il cavallo. Occorre adunque determinare la sua forza di trazione per un carico collocato sopra un carro che scorra sopra un piano regolare, all'effetto di determinare il maximum di pendenza che potrà sormontare.

Allorchè il cavallo esercita uno sforzo di trazione di un carro carico, esso riporta sul petto la porzione del suo peso utile per vincere la resistenza, ed impiega la forza muscolare delle sue gambe a sostenere questo sforzo, ed a portare al tempo stesso il suo corpo in avanti. La forza del cavallo si decompone dunque in due parti: quella che esercita per sormontare la resistenza e quella che esso impiega per portarsi in avanti. Non si possiedono esperienze abbastanza precise, per determinare rigorosamente il valore relativo di queste due forze, o quale è la parte dello sforzo costante del cavallo che è impiegata a trasportare il suo proprio peso. Gli sperimentatori furono d'accordo nel fissare da 68 a 90 kilog. il lavoro utile del cavallo, ad una velocità di 4500 metri ad ora, e per dieci ore per giorno; dal che per media 79 kilog. trasportati a 45000 metri per giorno. Ammettendo che lo sforzo costante di un cavallo, allorchè si muove con una velocità ordinaria di 4500 metri ad ora, può essere con giustezza rappresentato da un peso di 79 kilog., e che un cavallo di media statura pesa circa 450 kilog. ne potremo dedurre che lo sforzo che il cavallo esercita sul carico, dovrà presso a poco ritenersi eguale ad un sesto del suo peso.

Se la strada è a riprese, il cavallo spenderà una porzione di questa forza per elevare il suo proprio peso, ed allorchè la ripresa monterà un sesto (0,16666 a metro) tutto lo sfor-

zo sarà impiegato per produrre quest'effetto: di modo che la sua azione sul carico diverrà nulla.

Vedesi adunque che allorchè deve farsi una strada ordinaria, conviene evitare le forti pendenze, ed anche evitare di giungere a quella di 0^m,04 a metro, se non vuolsi immensamente pregiudicare alla convenienza dei trasporti.

Dopo il già detto, il cavallo perde $\frac{1}{16}$ della sua forza per ogni centimetro di montata, conservando la sua ordinaria velocità, oppure la sua velocità diminuisce di $\frac{1}{16}$ per ogni centimetro di montata, conservando la sua forza.

Così, per il maximum di montata di 0,04 per metro, lo sforzo utile del cavallo sopra il carico sarà di $\frac{79k.}{4} \times 3 = 59k.,25$ ad una velocità di 4500 metri ad ora.

Oppure, lo sforzo del cavallo sul carico rimanendo di 79 kilog., la velocità per ogni ora diverrà $\frac{4500}{4} \times 3 = 3375$ metri.

Per sormontare una pendenza di 0^m,04 per metro, il cavallo perde dunque il quarto del suo effetto utile, e per sormontarne una di 0,08 egli ne perde la metà.

Egli è dunque molto più conveniente limitarsi a formare delle tenui montate, che non oltrepassino il $\frac{1}{4}$ per cento, allungando quanto occorra il tragitto, che di oltrepassare questo limite, con perdita dell'effetto utile della forza del cavallo, e grande aumento di difficoltà nei trasporti.

CAPITOLO II.

DELLA LIVELLAZIONE.

Dopo eseguita la traccia stradale si procede alla livellazione. Il livello è un istrumento proprio a condurre una parallela all'orizzonte ed a continuarla a piacere; ciò serve a trovare la differenza di altezza, fra due, o più posizioni. Diversi livelli furono in progresso immaginati, quali noi brevemente indicheremo, astenendoci da descriverli dettagliatamente, perchè i nostri lettori devono averli già imparati a conoscere nel percorrere i tirocinii elementari.

1.° Due tubi verticali messi fra loro in comunicazione da altro tubo orizzontale, restituiscono sempre alla superficie dell'acqua postavi, la linea di livello.

2.° Una bolla d'aria atmosferica racchiusa in un tubo di vetro con alcol, indica allorchè rimane permanente alla metà del tubo, il piano di livello.

3.° Due aste poste fra loro a T, ed annocellate nel punto del loro incontro, indicano per mezzo del filo a piombo, la verticalità della prima e conseguentemente il parallelismo all'orizzonte della seconda. Tutti questi sistemi hanno i relativi apparati a diottrici od a canocchiale acromatico, per trasportare la posizione di livello, al traguardo della vista.

4.° Un piccolo canocchiale unito da una corta asta ad un disco di metallo situato in piano, dà la posizione di livello. ponendo il disco medesimo natante nel mercurio.

5.° Due piccole diottrie natanti nei tubi verticali del livello primo indicato, danno con le loro relative altezze, o l'indicazione del livello, o quella della pendenza voluta.

6.° I due sistemi riuniti del primo e del terzo livello, possono offrire uno strumento che palesi ad ogni istante la sua giustezza, dando una continua riprova, l'un sistema e l'altro, se l'apparato che serve di traguardo ha sofferto alterazione che meriti di essere rettificata.

Per eseguire una livellazione occorre situare il livello fra due punti sopra i quali farsi successivamente collocare uno scopo, ossia una pertica graduata lungo la quale scorre una tavoletta. L'osservatore traguarda, o i due punti del livello dell'acqua nelle boccette, o i punti centrali del canocchiale, o la direzione delle diottrie, e fa che quello che tiene la pertica, scorra la tavoletta lungo la medesima, fino all'altezza precisa del traguardo, ossia nel medesimo piano orizzontale. La detta altezza notata, farsi collocare lo scopo all'altra estremità, ripetendo anche in quella direzione l'operazione stessa. Sottraendo l'altezza che passa dalla tavoletta alla terra nel primo punto da quella che passa nel secondo, ottiensì ciò che dicesi la differenza di livello fra questi due punti, e per continuare la livellazione in tutta la lunghezza della traccia stradale, antecedentemente divisa a regolari intervalli, si trasporta il livello fra i due punti seguenti, e ripetesì l'operazione stessa tante volte quanti sono gli spazii fra un picchetto e l'altro. In tal modo, posto il livello fra i picchetti O, I, si rileva riguardando in addietro verso il picchetto O, un'altezza verticale dalla terra al traguardo, di metri 2,05; e riguardando in avanti verso il picchetto I, un'altezza di metri 4,00. Trasportato il livello fra i consecutivi picchetti I, II, ottiensì riguardando in addietro al picchetto I, un'altezza di metri 0,80, e riguardando in avanti al picchetto II, un'altezza di metri 2,20. Livellando di seguito, fra i picchetti II, e III, ottengonsi in addietro, metri 4,60, ed in avanti, metri 0,60, ec. (Tav. II, fig. 4.)

Per avvantaggiare l'intelligenza delle indicazioni antedette, abbiamo rimandato il lettore alla dimostrazione indicata dal disegno, ma siccome i profili disegnati, si costruiscono a tavolino,

e non nel tempo stesso della Livellazione, così è necessario, tener ricordo degli appunti locali in un modo regolare ed uniforme, analogamente a quanto vedesi indicato nel seguente prospetto referibile anch'esso alla medesima fig. 4 della Tavola seconda.

DISTANZE.	NUMERO dei picchetti.	TRAGUARDI		DIFFERENZE		LATI FINALI.	OSSERVAZIONI e indicazioni degli accidenti del terreno.
		in addietro.	in avanti.	in più.	in meno.		
m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	
25,00	O	2.05	"	"	"	40.00	
25,00	I	0.80	4.00	"	4.05	8.95	
25,00	II	4.60	2.20	4.40	"	40.35	
25,00	III	4.40	0.60	"	4.00	9.35	
25,00	IV	"	0.50	"	0.90	8.45	
		5.85	4.30	4.40	2.95		
		4.55		4.55			

In primo luogo vedesi dall' antecedente prospetto, che dal picchetto O, a quello I, vi è la distanza di metri 25,00, che se si ponga il livello in un punto intermedio fra il picchetto O, e quello I, avrassi dal traguardo in addietro verso il picchetto O, l'altezza di metri 2,05 e da quello in avanti verso il picchetto I, l'altezza di metri 4,00. Trasportato il livello in un punto intermedio fra il picchetto I, e quello II, avrassi traguardando verso I, l'altezza di metri 0,80 e traguardando in avanti verso II, l'altezza di metri 2,20. Posto il livello fra II, e III, avrassi dal traguardo in addietro verso II, metri 4,60, da quello in avanti verso III metri 0,60.

E trasportato in fine il livello fra III, e IV, otterremo dal traguardo in addietro verso III metri 4,40 e da quello in avanti verso IV, metri 0,50. Formata così la tavoletta dei traguardi in addietro ed in avanti, sommato, e detratto la somma minore dalla maggiore, avremo una differenza che indicherà la pendenza totale del tratto scandagliato, in metri 4,55. Per assicurarsi che non sieno succeduti errori di calcolo facciasi lo spoglio parziale delle differenze; ed 4,05 sarà la differenza in meno fra 2,05 ed 4,00 cioè indicherà che il terreno al picchetto I è di livello inferiore di 4,05 a quello prossimo al picchetto O; 4,40 sarà la differenza in più fra 2,20 e 0,80 cioè indicherà che il terreno al picchetto II, è più depresso che al picchetto I, di metri 4,40, ec. Completato il detto spoglio si sommi, e si deduca la differenza che dovrà essere sempre eguale alla differenza dei traguardi. Procedendo in seguito alla deduzione dei lati finali otterremo $40,00 - 4,05 = 8,95$; $8,95 + 4,40 = 10,35$; $10,35 - 4,00 = 9,35$; $9,35 - 0,90 = 8,45$. Ed infine $8,45 + 4,55$ differenza già rilevata, formerà i metri 40,00, ossia la distanza dal terreno presso il picchetto O, fino alla supposta linea orizzontale; a forma della atessa fig. 4.

Da quanto è stato avvertito si deduce, che una volta formato il prospetto antecedente, si potrà nel proprio studio dedurne il profilo di livellazione, portando verticalmente dalla linea orizzontale fino al terreno le relative misure, cioè dal punto O, fino ad A, fissando metri 40,00; dal punto I al suolo ponendo metri 8,95; ec. (fig. 4.)

Spesso succede, come nel caso nostro fu praticato, che per raccorre in un minore spazio i profili risultanti dalle livellazioni, conviene adottare una scala di proporzione, più piccola per le distanze che per le verticali. Nel nostro caso i metri 25 dal picchetto O, ad I, dovrebbero occupare uno spazio quattro volte maggiore, quandochè si volesse adottare una proporzione eguale a quella delle verticali, e per conseguenza dovendo disegnare il profilo di livellazione di un miglio di strada verrebbe ad impiegarsi con grave incomodo, una striscia di carta lunga metri 46,50 circa. Oppostamente adottando anche per le verticali la scala stessa delle distanze, verrebbero a rimanere quasi indistinte le piccole differenze di livello, per causa della soverchia piccolezza di proporzione. Gene-

ralmente suole adottarsi per le larghezze la proporzione di metri 0,005 a metro, e per le altezze, quella di metri 0,04 a metro.

Una volta formato il profilo indicante la configurazione del terreno, si traccia lungo il medesimo la linea di pendenza AB, (fig. 4.) quale si procura disporre in maniera da ottenerne il maggiore equilibrio possibile fra gli scavi ed i rinterri, evitando le grandi altezze tanto negli uni che negli altri. Poichè la linea AB precipitata, muove presso il picchetto O, per una verticale di metri 40,00 (misura delle lunghezze) e termina presso il picchetto IV, con una verticale di metri 36,00 ne consegue che la pendenza della linea AB, corrisponde al 4 per 100, allorchè tutto il profilo di livellazione, ferme stanti le altezze, venga riportato quattro volte maggiore in lunghezza. Le ondulazioni vistose del terreno risultanti dal profilo riportato nella Tavola seconda non sono le reali, e potremo facilmente rilevare osservando la fig. 4 della Tav. III, che il tratto X della Tav. II, disegnato con una unica scala di proporzione sì per le distanze che per le altezze nella detta Tav. III, non accenna in sostanza, che lievi correzioni da farsi al terreno per ottenere la direzione stradale con una pendenza del quattro per cento.

Le altezze *ab*, *cd*, ec. delli sterri e rinterri occorrenti (Tav. III, fig. 4) o risultanti dal profilo, indicano in sostanza, la sottrazione o l'aggiunta del terreno da farsi lungo una sezione praticata nel mezzo della nuova strada, e le altezze *ab*, *yz*, corrispondono a quelle sui picchetti I, II; riportate nella Tav. II.

Per procedere avanti, occorre formare le sezioni trasversali, quali in generale potrebbero dirsi le due basi di un solido che ha per altezza, la distanza fra l'una e l'altra. Di qui succede che allorquando il terreno è molto irregolare si rende necessario moltiplicare le sezioni, onde ottenere con maggiore esattezza i volumi del terreno da scavarsi o da aggiungersi secondo le locali circostanze. Si rende importantissimo in ogni rettificazione stradale lo scandagliar bene i riporti o le sottrazioni del terreno, per l'oggetto di poter dedurne la valutazione in previsione, e per formare le perizie da servire di base agli accolli. Ma per l'esecuzione del lavoro, non occorre che rilevare dai disegni in qualunque punto, le giuste altezze della terra che deve

essere sottratta od aggiunta per ottenere la voluta uniforme pendenza stradale. Siccome il profilo longitudinale, come già dicemmo, non offre che la sezione di mezzo, rendesi necessario di formare altresì le sezioni trasversali, quali risultano da tante livellazioni in traverso eseguito con il metodo stesso di quella longitudinale. La figura prima della Tav. IV, offre in doppia proporzione la sezione trasversale corrispondente al picchetto di n.° I, e la fig. 6, presenta la sezione trasversale corrispondente al picchetto di n.° II della Tavola Seconda. Le altre quattro sezioni intermedie, corrispondono ai punti *cd*, *ef*, *gh*, *ik*, della Tavola Terza, essendo l'una dall'altra distanti fra loro soli metri cinque.

Tanto nella Tavola seconda che nella Tavola terza è stata disegnata la pianta del tratto stradale preso in osservazione, quale risultando con la traccia dei picchetti sul terreno, deve trasportarsi sulla carta con la tavoletta pretoriana, unendovi in seguito la indicazione delle fossette e delle scarpature risultanti nelle sezioni trasversali, in proporzione delle occorrenti compensazioni di sterro o rinterro.

La determinazione della linea che indica la superficie del tratto stradale, deve risultare in modo, che gli sterri ed i rinterri sieno sempre il meno possibile, e che gli scavi compensino i rinterri per quanto potrà farsi. (Vedasi la posizione della linea AB alla fig. 4 della Tav. II.)

Si danno peraltro talvolta delle circostanze che esigono imperiosamente l'allontanamento da queste regole generali: allora se gli scavi si trovano eccedenti, dovressi studiare accuratamente qual sia il mezzo che con minore spesa e maggior convenienza, conduca a depositare gli avanzi in luogo opportuno. Se al contrario eccederà la massa dei rinterri, dovressi con le cautele medesime provvedere la terra che abbisogna.

Stabilita la linea della direzione stradale e soddisfatto alle indicate condizioni, si passa al calcolo di cubicità degli sterri e dei rinterri, che si eseguisce a norma dei principii geometrici. Si calcolano in primo luogo le superfici di ognuna delle sezioni separatamente per i rinterri e per gli scavi; a misura che il terreno da ridursi a pendenza uniforme è irregolare, occorre co-

me già dicemmo moltiplicare le sezioni trasversali facendo corrispondere le medesime anche sui punti ove la linea *by*, è intersecata dalla superficie stradale come in *gh*. (Tav. III, fig. 4.)

Per ottenere la cubicità dei volumi di terra da estrarre e da riportare, dopo ottenuta separatamente l'area superficiale di ciascuna sezione, si moltiplicano le relative superfici per la somma delle semidistanze dei tronchi stradali in addietro ed in avanti interposti fra sezione e sezione. Quando però la superficie di una sezione di sterro o rinterro vada rastremandosi fino a formare intersezione col terreno alla sezione che antecede o che segue, come vedesi nella tavola medesima da *ik*, a *gh*, allora a forma dei principii geometrici, occorre attenersi ai metodi più opportuni onde raggiungere la esatta cubicità del solido risultante. Se la rastremazione è formata da piani inclinati uniformemente, allora la sua cubicità sarà eguale alla superficie della sezione *ik*, moltiplicata per la distanza da sezione a sezione e divisa per due, ma se il terreno si rastrema irregolarmente, allora bisognerà ricorrere alle compensazioni che la pratica del geometra ravviserà equivalenti. In sostanza occorre bene intendere che il volume del terreno interposto fra due sezioni, può facilmente scomporsi in tanti solidi a base trigona o quadrilatera; che questi saranno o piramidi, o piramidi troncate, o prismi; che questi solidi che equivarranno al volume totale, potranno dedursi con maggiore esattezza, a misura che le sezioni saranno più vicine fra loro, e che infine l'esattezza delle formule per dedurre la cubicità è totalmente dipendente dall'esattezza della determinazione dei solidi stessi, nei quali a norma dei principii geometrici può scomporsi il total volume del terreno da sottoporsi a calcolazione.

A maggiore intelligenza di quanto è stato avvertito, aggiungeremo un modello di calcolazioni dell'area superficiale degli scavi e dei rinterri emergenti dalla sezione di un canale, condotta correlativamente alla Tav. V, fig. 4.

SUPERFICIE DEI SCAVI.		SUPERFICIE DEI RINTERRI.	
$\text{ Rettangolo } a = 57,50 \times 15,00 = . .$ $\text{ Triangolo } b = \frac{59,00 \times 10,00}{2} = . .$ $\text{ Id. } c = \frac{15,00 \times 4,75}{2} = . . .$ $\text{ Id. } d = \frac{27,00 \times 8,00}{2} = . . .$ $\text{ Id. } e = \frac{16,00 \times 4,50 + 5,00}{2} = . .$ $\text{ Id. } f = \frac{41,50 \times 4,00}{2} = . . .$ $\text{ Trapezio } g = \frac{17,00 + 15,00 \times 6,00}{2} = . .$ $\text{ Id. } h = \frac{8,50 + 5,00 \times 3,75}{2} = . .$ TOTALE DELLE SUPERFICI.	487,50 195,00 50,88 108,00 52,50 83,00 90,00 25,51	$\text{ Triangolo } i = \frac{37,50 \times 9,50}{2} = . . .$ $\text{ Trapezio } k = \frac{28,00 + 23,00 \times 3,75}{2} = . .$ $\text{ Id. } l = \frac{18,00 + 11,00 \times 6,00}{2} = . .$ $\text{ Id. } m = \frac{2,50 + 2,00 \times 3,75}{2} = . .$ TOTALE DELLE SUPERFICI.	178,15 99,37 87,00 10,51 374,81

Per evitare possibilmente gli errori, tanto nelle livellazioni che nei calcoli dipendenti, è necessario che le relative operazioni venghino eseguite da due geometri, ognuno separatamente dall'altro, e che un terzo geometra verifichi, allorchè risultano delle differenze, da qual lato stà l'errore.

Coloro dei nostri leggitori che bramassero eseguire uno studio più esteso circa quanto è stato detto relativamente alla livellazione, potranno rivolgersi al corso di geometria descrittiva applicata all'arte dell'Ingegnere dei ponti e strade da J. Sganzin, nella quale opera troveranno ottimamente sviluppata la materia e con molta eleganza di formule dimostrata. Peraltro

questo celebre autore è d'accordo con noi nel dichiarare che la derivazione dei giusti volumi degli sterri e dei rinterri occorrenti per un lavoro stradale dipende assolutamente dall'esattezza delle posizioni geometriche, e che in alcuni casi sono inevitabili le compensazioni. Alla pagina 28, del suo programma edito a Parigi nell'anno 1803 esso così si esprime in proposito. « Nell'applicazione di questi calcoli un allineamento curvo è considerato come la sua tangente, e per conseguenza come un allineamento retto. Il risultato, benchè non sia rigoroso, è sufficiente per l'oggetto ».

Altri metodi sono stati immaginati per dedurre con prontezza e per approssimazione, la cubicità degli sterri e dei rinterri, fra i quali accenneremo quelli più ingegnosi.

In pratica si suole distinguere nei disegni delle sezioni longitudinali e trasversali di una livellazione, con linee rosse tutti gli andamenti che appellano alla nuova direzione stradale che dovrà risultare, cioè tutte le linee delle superfici che conformeranno la nuova opera, mentre rilasciansi tracciate di color nero le linee tutte che conterminano le superfici del naturale stato del suolo su cui vuolsi operare. Questo stato di cose premesso, procedesi a formare il prodotto di tutti i lati rossi per i lati rossi, e dei lati neri per i lati neri, e le differenze fra i detti prodotti, danno la cubatura degli sterri o dei rinterri. Altrimenti suol praticarsi molto ingegnosamente per rilevare l'arca delle sezioni, di dividere le sezioni medesime in tante zone proporzionali alla scala impiegata per la loro formazione. Per esempio, se abbiasi una sezione da riquadrare quale sia formata con la scala di 0,005 a metro per le lunghezze e di 0,01 a metro per le altezze, dovrà prepararsi un foglio trasparente, con tante linee parallele ognuna distante dall'altra, metri 2, 3, 4... della scala di 0,005 a metro. Posto questo foglio in direzione normale sulla sezione da riquadrare, si percorreranno con apertura di compasso di un metro alla scala di 0,01 a metro, tutte le linee per la loro lunghezza, e se otterremo dalle linee percorse duecento misure, ciò vorrà dire che la sezione in discorso sarà circa quattrocento metri quadrati cioè il numero dei metri in lunghezza, moltiplicato per la larghezza costante delle Zone

quale è nel caso attuale di metri 2. (Vedasi la Tavola V, fig. 2.)

Del resto questi metodi sogliono soltanto adottarsi per l'oggetto delle verificazioni, e per eseguire dei riscontri parziali ove sia vi la presunzione che sieno incorsi degli errori.

CLASSAZIONE DEI TERRENI. — Non sarà mai soverchia l'attenzione e la precisione impiegata nell'esaminare la tenacità dei terreni da escavarsi, perchè il costo degli scavi e dei rinterri sta in rapporto alla difficoltà delle escavazioni. Occorre ancora osservare accuratamente se possono aversi da brevi distanze i materiali per costruire le strade e le opere d'arte. Per avere una esatta cognizione di causa nella formazione delle previsioni, è necessario praticare degli scandagli con la tenta, nello spessore dei terreni da rimoversi, ripetendo questi alla distanza di ogni kilometro ed ancora a più brevi distanze allorchè sia creduto necessario. Questi scandagli sono destinati a far conoscere i diversi gradi di resistenza e di difficoltà di escavazione, che potessero presentare tutti i diversi strati dei terreni da investigare, quali sono ordinariamente classati nelle seguenti categorie: 1.° terreno sabbionoso delle vallate; 2.° terreni argillosi e con agglomerazioni erratiche; 3.° roccia tufacea e galestrosa tenera; 4.° roccia di galestro sodo e di alberese; 5.° pietra viva da scassarsi con la mina.

ESAME DEI CORSI D'ACQUE. — Bisogna infine studiare con la più minuziosa attenzione, tutti i diversi corsi d'acqua, torrenti e borri che vengono traversati dalla via o dal canale progettato, e procurarsi con notizie autentiche o degne di fede, dei dati ben certi sulla più grande altezza delle acque, nel tempo delle inondazioni. I più piccoli ruscelli come i più grossi fiumi devono essere sotto questo rapporto l'oggetto di uno studio accurato e preciso, affine di dar sempre alle opere d'arte lo sbocco conveniente per le acque delle grandi inondazioni. Dipende principalmente dalle attenzioni praticate su tal proposito la durata ed il buon mantenimento delle nuove costruzioni tanto di strade, di ponti, di acquedotti ec. Quante opere grandiose sono rimaste distrutte appunto per non avere i costruttori pensato quanto occorreva a renderle indipendenti dalle grandi inondazioni. La pendenza del letto dei fiumi va sempre diminuendo dopo la lo-

ro sorgente, fino alla loro imboccatura: cioè a dire, che verso la sorgente la pendenza è più forte che verso lo sbocco: questa proprietà di tutti i corsi d'acque, spiega il perchè nelle grandi inondazioni le correnti sono considerabilmente più rapide verso la sorgente, che in vicinanza del loro sbocco. Premesso tutto ciò, si perviene a conoscere il volume delle più grosse acque per mezzo di un profilo rilevato all'ingresso del ponte che si dovesse stabilire, e si rapporta questo profilo al livello delle più grandi inondazioni conosciute. Si calcola dietro lo studio del fiume considerato nelle grandi piene, l'apertura da dare al ponte, ritenendo come principio approvato, che l'altezza sotto la chiave dell'arco, dovrà essere almeno tre metri superiore alle grandi acque. Deve altresì rimarcarsi se il letto del fiume è incassato o non lo è: un fiume è reputato incassato, allorchè le due ripe non sono state giammai soverchiate dalle più grandi inondazioni conosciute, allora l'apertura del ponte deve avere una superficie equivalente alla sezione delle grandi acque, sempre ritenendo il disotto della chiave dell'arco, superiore di tre metri almeno al livello delle grandi piene.

Nei fiumi che non sono incassati e che inondano una grande estensione di terreno, se il ponte è destinato al servizio di una strada ordinaria, non dovrà darsi che i due terzi delle grandi acque conosciute, per altezza dall'alveo al disotto dell'arco, ma dovrà tenersi la strada sommersibile a 400 o 450 metri dal ponte per dar passaggio alle eccedenti acque. Se al contrario il ponte è destinato ad una strada di ferro o ad un canale, occorre dare al ponte un'apertura equivalente alla sezione delle grandi acque, oppure si forma di seguito al ponte un acquedotto nel piano sommersibile, perchè le strade di ferro come i canali devono essere sempre insommersibili.

CAPITOLO III.

RASI ESSENZIALI PER FORMARE LA SERIE DEI PREZZI DI OGNI SORTE DI OPERE.

Chiamasi serie dei prezzi, un seguito di prezzi dell'unità di ogni natura di fornitura e di mano d'opera, che occorrono alla formazione dell'edificio che vuoi costruire, o che compongono la costruzione della strada che vuoi apprezzare, o che appellano alla via ferrata da valutarsi.

Tutte le opere che riguardano il pubblico, o sieno queste a carico dello Stato o delle Comunità, soglionsi eseguire per via di pubbliche aggiudicazioni, basate sopra una serie di prezzi, salvo qualche rara eccezione.

La serie dei prezzi deve dunque essere, quanto è possibile l'espressione reale dei prezzi medii di consuetudine del paese ove l'opera deve essere formata, aumentati però del 5 per 100 per false spese, arnesi e direzione, e di più del 40 per 100 per beneficio dell'intraprenditore.

Per arrivare all'esatta composizione di tutti i prezzi, che devono formare la serie dei prezzi suindicata, bisogna avanti conoscere perfettamente i prezzi elementari del paese. Si dicono prezzi elementari i prezzi della giornata di ogni specie di lavoratori, artieri, capi di officina ec., del cavallo o delle bestie da soma attaccate al carro ec., e delle materie prime, come la calce, la pietra, la rena ec.

Si comprende che tutti questi prezzi variano da un luogo ad un altro, e che non è possibile di indicarli esatti neppure per ciascheduna provincia della Toscana; però presenteremo i coacervati medii generali, quali potranno servire di guida per rintracciare quelli che convengono a ciascuna località.

Base dei Prezzi.*Una Giornata.*

	fr.	c.
Manovale, Zappatore, Splanatore.....	0	84
Splanatore o Terraziere di prima classe.....	1	»
Capoccia dei Manovali o Lavoratori.....	1	40
Minatore.....	1	20
Muratore di cava o Accapezzatore.....	1	40
Carpentiere.....	1	20
Muratore di prima classe.....	2	»
Scarpellino, Muratore di seconda classe.....	1	40
Un cavallo da tiro con finimenti.....	2	50
Un carro con manzi, oppure un carrettone con cavallo, conduttore compreso.....	5	»

I trasporti saranno determinati dalle formule:

Con la cariola $X = \frac{2pD}{100}$: con il carrettone $X = \frac{P(2D+d)}{LXC}$ nelle quali si rappresenta per:

X. il prezzo del trasporto da determinare.

p. il prezzo della giornata del Manovale..... 0 84

P. il prezzo della giornata del carrettone con cavallo 5 »

d. la distanza corrispondente al tempo perduto nel caricare e scaricare, questo tempo è:

Per gli scarichi 15 minuti, equivalenti a metri. 600,00

Per le pietre lavorate 30 minuti, equivalenti a 1200,00

Per il legname 60 minuti, equivalenti a 2400,00

L. il tratto percorso in un giorno dal carrettone in chilometri 36,00

C. la cubatura metrica del carico che varia così :

Per gli scarichi, i sassi, la rena ec. (a).....	0,50
Per la calce (b).....	0,75
Per le pietre da taglio ec. (c).....	0,30
Per i legnami da costruzione (d).....	1,00

D. rappresenta la distanza del trasporto in decimetri nella formula relativa alla cariola, ed in chilometri nella formula riguardante il carrettone.

Queste formule divengono numericamente per il trasporto di un metro cubo :

Alla cariola $X = \frac{2pD}{400} = \frac{1,68 \times 1}{100} = 0fr,0168$ D, cioè $\frac{168}{10000}$ di franco per decametro, o 16fr,8 per ogni diecimila metri percorsi.

Essa addivieno per il carrettone :

(a) $X = \frac{P(2D+d)}{L \times C} = \frac{5 \times 2000 + 600}{36000 \times 0,50} = \dots\dots\dots 0fr,7222\dots$
negli scarichi di rottami ec.

Cioè; nel tempo occorrente nel trasporto, (andare e tornare)

$X = \frac{P(2D)}{L \times C} = \frac{5 \times 2000}{36000 \times 0,50} = \dots\dots\dots 0fr,5555\dots$

Nel tempo occorrente per caricare e scaricare il carrettone

$X = \frac{P \times 600}{L \times C} = \frac{5 \times 600}{36000 \times 0,50} = \dots\dots\dots 0fr,1666\dots$

TORNANO..... 0fr,7222...

Schiaramenti relativi alla precedente formula.

D — esprime la distanza dal punto del lavoro al punto ove trovasi il materiale, quindi essendo questa distanza nel caso da noi proposto, metri 1000, occorrono sempre $2D$, o metri 2000, ossia il doppio fra l'andare ed il tornare di un carrettone da trasporto.

d — esprime il tempo occorrente nel caricare, e scaricare, rappresentato per analogia di calcolo, colla sua equivalenza del tempo occorrente a percorrere un dato tratto di strada; cosicchè invece di minuti 15, figurano nel calcolo metri 600 di strada percorsa.

(b) $X = 0fr.,370.. D + 0fr.,414$ per la calce.

(c) $X = 0fr.,925.. D + 0fr.,555$ per la pietra da taglio cc.

(d) $X = 0fr.,277.. D + 0fr.,333$ per il legname da costruzione.

Si giunge a trovare il prezzo dei trasporti per acqua con procedimento analogo, cioè

Una barca capace per 46 tonnellate o 46000 kilogrammi, montata da 5 uomini, essendo il prezzo della giornata del detto equipaggio compresa la barca franchi 16; in questo caso:

$L = 30$ chilometri.

$G = 8$ metri cubi di rena: 12 metri di calce: 4,80 di pietrame lavorati: 46 metri cubi di legnami da costruzione.

$d = 4000, 4000, 8000$ e 12000 : dal che

$$(a) X = \frac{P(2D+d)}{L \times G} = \frac{46 \times 2000 + 4000}{30000 \times 8} = 0fr.,133... + 0fr.,266...$$

$$(b) X = \frac{P(2D+d)}{L \times G} = \frac{46 \times 2000 + 4000}{30000 \times 12} = 0fr.,088... + 0fr.,477...$$

$$(c) X = \frac{P(2D+d)}{L \times G} = \frac{46 \times 2000 + 8000}{30000 \times 4,80} = 0fr.,022... + 0fr.,88...$$

$$(d) X = \frac{P(2D+d)}{L \times G} = \frac{46 \times 2000 + 12000}{30000 \times 16} = 0fr.,0667... + 0fr.,4...$$

N. B. Il trasporto per acqua rimontando un fiume sarà doppio.

Avvertesi che la tonnellata francese è kilogrammi 1000 ma la tonnellata toscana è kilogrammi 679 corrispondenti a libbre toscane 2000.

È stato adottato nelle calcolazioni di questi modelli il sistema metrico perchè oramai di uso generale nelle Scienze. In fine daremo i rapporti di proporzione dei diversi valori, con le misure di Toscana.

CAPITOLO IV.

PREPARAZIONE DELLE STRADE ORDINARIE.

Si distinguono quattro sorte di strade 1.^a quelle pavimentate di sassi ridotti in quadro di 0,45 di lato, ossia acciottolate, 2.^a quelle pavimentate a filari di pietre squadrate larghe circa 0,30, ossia a lastrico regolare, 3.^a quelle pavimentate a blocchi di pietre di forma irregolare, ossia a lastrico alla rinfusa, 4.^a quelle dette a massiciata, cioè con uno strato di frantumi di pietre irregolari posti a mano per ritto, ed intasati con ghiaie e terra. Il primo sistema di lastrico va rapidamente in disuso, perchè ancora quando viene eseguito il lavoro con diligenza e con ciottoli massicci e ben preparati, questi non resistono lungamente per la gran frequenza delle committiture, all'attrito dei carri, e perchè non costumasi nella loro formazione di battere fortemente i ciottoli onde collegarli bene con quelli già posti e col terreno.

Il secondo metodo è più costoso di tutti; offre un lastrico elegante, ma essendo le pietre ad angoli retti, e spesso le facce tirate a regolo sull'angolo e scartate in basso, succede che la pressione delle ruote le tronca facilmente presso gli angoli e quindi ancora questo sistema non è di grandissima durata.

Del terzo sistema mentovato, risulta un lastrico irregolare detto alla rinfusa, e spesso i macigni che lo compongono sono

di gran dimensione; la sua resistenza è grande a causa della mole dei prezzi e degli angoli spesso ottusi che risultano dalla sua forma pentagona od esagona irregolare. Il costo è inferiore a quello del lastrico regolare perchè non si è costretti ad impiccolire soverchiamente i pezzi per darli la forma quadrilatera. Del resto, tutte le sopraindicate specie di lastrico si praticano nelle città e nelle borgate, mentre la convenienza e l'economia non persuade che debbano adottarsi per le strade principali e secondarie della campagna.

Del quarto sistema noi dunque dobbiamo più particolarmente occuparsi. Ecco il sunto del metodo, indicato in un rapporto fatto all'Accademia delle Scienze di Parigi.

Dovranno le strade maestre avere una larghezza da 5 a 8 metri. Gli acquedotti laterali dovranno essere di muramento, o che sieno incassati o che sieno a zanella, e ciò secondo il volume d'acqua che deve sfogare nelle grandi piogge. Il piano stradale deve essere sollevato bastantemente dal piano della campagna, e quanto basti per non dovere traversare la strada alla superficie con zanelle o basti-rovesci per lo sfogo delle acque d'incrociamiento. Nel suo asse, l'altezza della strada, massiciata e ripieno, dovrà essere di circa 20 centimetri, con un incurvamento di circa 5 centimetri per metro in larghezza.

Il piano della forma o dell'incassamento che deve ricevere i materiali, deve essere anch'esso un poco curvato, circa 3 centimetri a metro, affine che la massiciata vada decrescendo in altezza dal mezzo verso i lati della strada.

L'incurvamento risultante alla superficie allorchè la strada è compressa, è sufficiente per lo scola delle acque, comodo per le vetture che trovansi in posizione normale quasi su tutti i punti della strada: un incurvamento esagerato non presenta la medesima sicurezza. Quando le strade sono molto larghe suol farsi la massiciata nella zona di mezzo, lasciando le parti laterali con la sola terra compressa. La massiciata può posarsi sopra qualunque terreno, poco importa la sua natura, allorchè esso è coperto da uno strato compatto ed impermeabile. Peraltro se esso fosse troppo molle, si potrebbe raffermare un poco con la pestonatura, o con il passaggio del cilindro spianatore.

Dopo spezzate le pietre fino a quella grossezza che sia adeguata a formare lo strato della massicciata, si distribuiscono a mano nell'incasso in modo che un sasso rimanga aderente con l'altro: quindi si riempiono gli interstizi con terra ridotta pulverulenta operando così il collegamento di tutte le parti delle pietre con una materia di aggregazione. Quindi la superficie scabra della massicciata si cuopre con uno strato delle pietre stesse, sparse alla rinfusa e ridotte dai cantonieri non maggiore di 6 centimetri in grossezza, ripianando in seguito anche questo strato con altre pietre, non maggiori nella sua più grande dimensione di 4 centimetri; riempiendo i vuoti ancora di questi ultimi strati con le solite materie di aggregazione minutamente suddivise. Queste materie pulverulenti possono essere di varia specie, come frantumi di silice, di granito, di quarzo ec. prendesi ancora per operare l'aggregazione della marna, della terra calcarea, e di tutte le specie di terra compatta che consolidata, rimanga fortemente aderente. Ma se la massicciata è di pietra calcarea di una certa durezza impieghi ottimamente della sabbia, quale riceve dal calcareo la coerenza che le manca; formano ancora una buona materia agglomerante tutti i frantumi di vecchie strade o che provenghino da pietre dure o tenere. Resa sufficientemente regolare la superficie della strada, con lo spargimento di ghiaie vagliate e terra tenace ridotta pulverulenta si procede alla sua consolidazione per mezzo del cilindro compressore, quale operazione posa sul doppio principio della compressione o dell'amalgamazione del materiale con la materia di aggregazione per tutta la superficie stradale nel tempo medesimo, tanto che l'agglomeramento delle materie vien fatto per così esprimersi per giusta posizione.

Il cilindro compressore di M. Schattenmann perfezionato da M. Houyou è una macchina che serve mediante il proprio peso successivamente raccolto nei punti di tangenza del cilindro col terreno, ad operare la compressione ed il consolidamento del piano stradale. Ne offriamo pertanto il disegno nella Tavola VI, fig. 4 rimandando chi avesse vaghezza di averne ulteriori schiarimenti alla Guida del Costruttore dei lavori pubblici di A. Lixaute; Parigi 4850. Per fare agire la macchina in discorso occorrono sei ca-

valli di media forza nelle strade a lieve pendenza, ed otto cavalli in quelle di pendenza maggiore.

4.° La compressione della strada si ottiene eseguendo due passaggi del rotono a vuoto, con il semplice carico di 3000 kilogrammi; due con mezzo carico di 4500 kilogr., e due con intero carico di 6000 kilogr. Nel tempo di questi sei primi passaggi di cilindro essendo la stagione asciutta, converrà annaffiare la strada, acciò i materiali scivolino meglio gli uni con gli altri incastrandosi insieme.

2.° L'agglomerazione operasi continuando a comprimere col cilindro a pieno carico, ma dopo ogni passaggio stendesi alla superficie della strada uno strato leggero di materia legante, secca, ridotta in polvere e convenientemente scelta secondo la natura dei materiali sottoposti. Il volume delle materie di agglomerazione sopraindicato è circa il 15 per 100 della cubatura dei materiali che formano la massicciata. Sei passaggi del cilindro sono sufficienti in questo secondo periodo della consolidazione, e se la qualità dei materiali e lo stato dell'atmosfera esigessero qualche passaggio di più, allora dovrassi aumentare in proporzione la quantità della materia legante.

Supponendo occorrenti dodici passaggi di cilindro fra la compressione e l'agglomerazione potremo avere in un giorno la consolidazione di 200, o 300 metri di strada in lunghezza coprendo una superficie da 4500 a 2000 metri. Malgrado la molta mobilità delle pietre spezzate e soprattutto delle ghiale rotolate al principio dell'operazione, possono sei od otto cavalli di forza media, trarre senza sforzo il cilindro a vuoto, pesante soltanto 3000 kilogrammi; a misura che l'operazione progredisce il cilindramento addiviene più facile, e può successivamente aumentarsi il carico del cilindro fino a 6000 kilogrammi, senza che i cavalli debbano esercitare uno sforzo per la trazione, circostanza pregiudicevole alla regolarità del moto del cilindro ed al buon procedimento dell'operazione. Terminata la consolidazione, la strada può immediatamente essere aperta alla circolazione.

Numerose esperienze fatte in Francia in questi ultimi tempi hanno dimostrato:

Che mediante l'operazione del cilindramento l'altezza della massicciata e del ripieno diminuisce di un sesto ed un settimo.

Che le spese di costruzione di consolidamento e di riparazioni nel periodo di un anno dalla formazione di una strada a massiciata, presentano un' economia operando la compressione col cilindro di M. Schattenmann del 36 per 100 di confronto con la spesa occorrente operando con il metodo ordinario.

Che le spese di mantenimento, risultano la metà minori di quelle occorrenti per una strada non cilindrata.

Che altresì una strada non cilindrata addiuvino inservibile nella metà del tempo di una simile cilindrata.

Che allorchè la massiciata di una strada è ridotta ad uno strato troppo tenue per resistere al passo dei carri, può facilmente ripararsi con l'aggiunta di uno strato di materiali, e prontamente consolidarsi col passaggio del cilindro compressore, purchè si usi la solita diligenza dopo le prime compressioni dei materiali, di spargervi sopra della sabbia innaffiandola poi opportunamente, e dopo alcune altre compressioni, di gettarvi della marna polverizzata la quale collega prontamente la parte superficiale dell' assieme.

CAPITOLO V.

DEL MANTENIMENTO DELLE STRADE.

Il ben inteso mantenimento delle strade, consiste nel conservarle in uno stato di permanente proprietà, che esse sieno perfettamente calibrate e senza buche nè rotaio ove lo acque possino soggiornare: si devono dimotare sovente nei tempi di pioggia, passandovi leggermente alla superficie con la pala, che non deve giammai penetrare fino al vivo della massicciata. Devonsi spazzare in estate con delle granate flessibili ed annaffiarle qualche volta. Il mantenimento semplice, che è l'opera dei cantonieri, deve assiduamente essere diretto in modo, che la massicciata mantengasi unita in tutta la superficie affinchè dei rialzamenti generali di 8 a 12 centimetri di grossezza possano praticarsi tutti gli anni sulla zona più esposta al passaggio dei carri. Da tutto ciò risulta che il mantenimento delle strade deve dividersi in due parti che noi chiameremo; mantenimento semplice, e rialzamento.

Il mantenimento semplice praticato da abili ed intelligenti cantonieri forma la conservazione delle strade. Durante le piogge essi devono sempre studiarsi di allontanare le acque dalla strada, ed appena verificasi la più piccola insenatura ove l'acqua possa soggiornare, essi devono eseguire con la zappa un locale abbassamento uniforme e quadrilatero destinato a contenere i nuovi materiali, bene spezzati e perfettamente puri. Questi materiali devono distribuirsi con attenzione e compprimerli

con un pestone in modo da ridurli ad uno strato uniforme al resto della superficie stradale. Dipoi dovranno intasarsi con materie di aggregazione polverizzate, pestonare di nuovo, annaffiare abbondantemente, lasciare asciugare a metà e ripestonare ancora, assicurandosi che il nuovo strato locale sia perfettamente consolidato con il vecchio prima di rilasciarlo alla pubblica circolazione.

I rialzamenti generali devono aver luogo tutti gli anni nelle parti della strada ove la massicciata ha la minore altezza, e devono esser sottoposti come per le strade nuove all'azione del cilindro compressore. Ma per conoscere le parti della massicciata che sono di minore altezza, è essenziale di aver praticato almeno per ogni 50 metri degli scandagli lungo l'asse della strada, decifrandone i punti sulle mappe della medesima e redigendone le annotazioni relative. Questa operazione ha per risultato di render palese la situazione esatta della massicciata, o di metterla a nudo le parti migliori come le più cattive. Con simili documenti sarà reso facile di ordinare e valutare con cognizione di causa i ringrossi occorrenti a quelle porzioni di massicciata che più ne abbisognano. Le previsioni e le distribuzioni annuali dei ringrossamenti saranno facilitate nelle strade principali con prendere per punti di partenza i segni millari che trovansi distribuiti lateralmente alle medesime.

La scelta dei materiali nel mantenimento delle strade è di una grande importanza sotto il duplice aspetto della qualità e dell'economia. Allo scopo di diminuire le spese di trasporto deve moltiplicarsi più che sia possibile il numero dei punti di estrazione dei materiali occorrenti. Su tal rapporto deve dall'ingegnere direttore, bene scandagliare se convenga servirsi di materiali di qualità inferiore ottenibili da minor distanza, oppure attenersi all'impiego di materiali migliori e più durevoli nonostante la maggior distanza dei medesimi dal punto dell'impiego. Ad esempio, per i ringrossamenti converrà sempre più servirsi di pietre forti ottenute dalla distanza di due chilometri, che di alberese non duro, ricavato dalla distanza di un mezzo kilometro, attesa la maggior durata del primo materiale, quando specialmente esser debba destinato agli strati superiori della massicciata.

Siccome la macchina completa da cilindrare di M. Schattenmann giunge all'elevato importare di circa 2000 franchi, per quanto non sia da porre in dubbio la incontestabile utilità della sua applicazione per le strade principali, pur nonostante crediamo di fare osservare che a titolo di economia potrebbe supplirsi per le strade secondarie o vicinali, ove non è tanto frequente il transito delle vetture, impiegando un cilindro compressore in pietra, di un metro di diametro, e lungo 4m,40. Il suo cubo risulta di 4m,40 ed il suo peso approssimativo è di 3300 kilogrammi. Vedasi la Tav. VI, fig. 2. Questo cilindro può essere fatto agire senza sforzo, da quattro cavalli, e può giungere appena al costo di franchi 200.

CAPITOLO VI.

CONOSCENZA DEI MATERIALI.

È necessario che l'ingegnere costruttore conosca molto bene la natura, la qualità, la composizione, la trattabilità e la resistenza dei materiali che entrano nelle costruzioni. Questa conoscenza acquistasi con uno studio accurato o con delle frequenti esperienze sui materiali che impiegansi nelle costruzioni.

PIETRE. — Le pietre le più dure sono le migliori per le costruzioni. I graniti tengono il primo luogo ed i marmi il secondo relativamente alla solidità. Le pietre sono un composto di materie terrose o sabbionacee, che ha acquistato un tal grado di durezza che non le permette più di ammolirsi nell'acqua. Le parti che le formano, sono più o meno strettamente legate le une alle altre, secondo che esse sono più dure o più tenere.

Le pietre prendono la loro origine ai depositi ed agli strati successivi delle particule integranti della terra e della sabbia. Entrano qualche volta nella loro composizione delle particole eterogenee: l'acqua, l'aria ed il fuoco hanno concorso alla loro formazione. La causa del loro collegamento è la pressione che le vien fatta provare dagli altri corpi che le comprimono. Tutte le pietre si formano per giusta posizione. I mineralogisti distinguono quattro classi di pietre, cioè le argillose, le calcaree, le gessose e le scintillanti.

PIETRE ARGILLOSE. — Le proprietà distintive delle pietre argillose, sono di non fare effervescenza con gli acidi, e di indurirsi ad un fuoco ordinario, di non poter convertirsi in gesso nè in calce. Esse sono dolci al tatto: tali sono le miche, gli schisti, i basalti, e volgarmente le pietre dette da sarti, e quelle da affilare i rasoi.

PIETRE CALCAREE. — Le pietre calcaree sono quelle che più si impiegano nella costruzione degli edifizi. Si chiamano così perchè esposte all'ardore del fuoco per un certo tempo esse si convertono in calce. Esse fanno effervescenza con gli acidi. Per conoscere se una pietra appartiene al genere calcareo vi si versa sopra qualche gocciola di acqua forte, o se ella fa effervescenza riducendosi in pasta al punto ove l'acido nitrico è stato versato, può dirsi che questa pietra è calcarea, e propria a dare della calce. Le cave delle pietre calcaree sono in generale formate di banchi collocati gli uni al di sopra degli altri e separati fra loro da dei letti di argilla compatta.

PIETRE GESSOSE. — Queste pietre non fanno effervescenza con gli acidi; battute con l'acciarino sviluppano le scintille; ma messe un certo tempo in contatto con il fuoco, esse riduconsi in una specie di calce detta gesso.

PIETRE SCINTILLANTI. — Queste pietre sono così chiamate perchè esse producono delle scintille, battute con l'acciarino. Gli acidi non hanno azione su di esse; qualcheduna resiste al fuoco il più violento, e fra queste sono i tufi e le pietre dette molarì o da macini. Le altre si vetrificano ad un grandissimo fuoco, come i graniti i porfidi e le lave.

TUFO. — Questa pietra è formata di grani di sabbia quarzosa di differente figura, uniti insieme con l'aiuto di un cemento particolare. Essa si accapizza facilmente col martello in blocchi cubici, quali in alcuni luoghi servono a lastricare le strade. Il tufo trovasi in masse o roccie informi, ma più spesso incontransi in banchi compatti. Più il tufo è duro più la sua qualità è superiore, e più è facile acconciarlo adeguato per lastrici.

PIETRE MOLARI. — Queste pietre dette altresì quarzose e scintillanti, incontransi in diversi paesi in frammenti di adeguata dimensione per servire nel loro stato naturale alle massic-

ciate delle strade. Tali pietre appellansi volgarmente alioste, ma la denominazione di quarzose loro conviene più.

Queste pietre impiegansi pochissimo per le costruzioni perchè il cemento non fa adesione alle loro facce, molto levigate e refrattarie affatto dell'umidità. Esse sono composte di concrezioni quarzose, il di cui tessuto è sovente crivellato di buchi; incontransi disposte in banchi come le rocce calcaree ed anche a grossi blocchi isolati. Si dicono molarì perchè servono per lo più a fare le mole o macini da mulino.

SABBIE. — La sabbia di fiume è sempre preferibile a quella di cava. La miglior sabbia per la fabbricazione, e che offre una qualità superiore di cemento, si è quella che è più pesante a volume e prosciugamento uguale, che è ruvida al tatto, e che precipitata in un vaso ripieno di acqua, non lascia alcuno sprigionamento di materie atte ad intorbidare l'acqua. Però incontransi alcune volte delle sabbie di cava, ottime, e tali da equivalere a delle buone sabbie di fiume, specialmente se si abbia la precauzione di sottoporle alla lavatura. Alcune areni litto-rance, come alcune sabbie ocracee, spesso fanno l'effetto di buone pozzolane naturali offrendo un ottimo-cemento, di effetto analogo a quello composto con pozzolana artificiale.

CALCE. — La calce che è l'elemento principale del cemento, rimonta alla più remota antichità. Vuolsi dagli storici, che in seguito all'incendio di qualche edificio formato con pietre monolitiche, fosse rimarcato che gettando dell'acqua per estinguere l'incendio, sopra qualche pietra calcinata dalla violenza del fuoco, essa si dissolveva facendo effervescenza; il primo uso che fecesi di questa materia, fu quello di intonaco alla superficie delle pareti, delle case signorili.

Le pietre calcaree che danno la miglior calce, sono generalmente le più dure, le più pesanti, quelle infine di cui la grana è fine ed omogenea, e che ha la più compatta testura: per questo le pillore calcaree ed i marmi, producono una calce eccellente.

La calce viva suol dividersi in più categorie; dicesi calce grassa, calce mediamente idraulica e calce eminentemente idraulica. La prima dopo l'estinzione, rigonfia molto, tantochè da un

metro cubo di calce viva, risulta 4m,75 di calce spenta. Per la seconda da 4m,00 risulta 4m,35. Per la terza non succede rigonfiamento e resta tanto nello stato di calce viva che in quello di calce spenta del volume medesimo. La calce idraulica, mescolata con della sabbia e della pozzolana, è atta a far presa nell'acqua in pochissimo tempo. La miglior calce idraulica è quella che indurisce più prontamente nell'acqua. Chi volesse acquistare istruzioni maggiori sui cementi, consulti la memoria di Vicat.

CALCE IDRAULICA ARTIFICIALE. — Secondo Vicat, prendansi due parti di calce grassa spenta ed una parte di argilla pure spenta; col miscuglio ben colato forminsi dei piccoli panetti in forma di prismi triangolari, aventi 0m,20 di altezza e 0m,06 di lato alla base. Si esponghino questi prismi al sole fino a perfetta siccità, poi si ponghino in fornace operando nel modo stesso come se fossero sassi da calce. Ottiensi pure un risultato analogo, con il miscuglio di due parti di creta ed una parte di argilla, cotto ugualmente in fornace dopo ridotto in panetti.

ESTINZIONE DELLA CALCE. — Vi sono due mezzi di spengere la calce, l'uno per immersione e l'altro per getto continuo d'acqua. Il primo consiste nel mettere la calce in dei panieri appena tolta dalla fornace, immergere il tutto nell'acqua e ritirare immediatamente. La calce che ha subito una tale immersione, collocasi in dei magazzini o porticati. La calce in tal modo trattata, riducesi in polvere in meno di ventiquattro ore, ma qualunque calce, avanti di essere impiegata nei cementi, deve essere passata dalla così detta cola, oppure da un cilindro rotante, coperto da rete di maglia di ferro non più larga di 0m,004 per l'oggetto di estrarre tutte le parti di calce dette magre e che rimangono agglomerate; trascurando di passare la calce alla cola o al cilindro, succede presso che sempre, che dei pezzetti di calce grossi come le nocchie rimangono in uno stato quasi solido frammisti alla calce spenta. Passando questi corpi estranei insieme col cemento nelle costruzioni, ne segue che in un certo tempo l'umidità aiuta la loro decomposizione, ed il rigonfiamento risultante ha qualche volta tanta forza da dislocare le pietre e le terre cotte già murate.

Il secondo modo di estinguere la calce, consiste a mettere

della calce viva in un aiola scavata nel terreno, oppure circondata da tavole di legname, o da strati di terre cotte ed anche da un arginello di rena. Quindi devesi versare costantemente dell'acqua, avendo cura che la calce ne rimanga egualmente penetrata e saturata. Acciò la calce conservi tutte le sue qualità, bisogna versarvi soltanto l'acqua sufficiente ad operarne completamente l'estinzione.

CAPITOLO VII.

IMPIEGO DELLE PIETRE NELLE COSTRUZIONI.

Ora che abbiamo fatto conoscere le diverse nature delle pietre e le loro proprietà, impareremo ad esaminarle sotto il rapporto del loro impiego nelle costruzioni, e delle loro qualità proprie ai grandi lavori.

Le pietre nell' arte di costruire dividonsi in due classi, le tenere e le dure. Le prime sono quelle che si tagliano con la sega e con la traccia, senza difficoltà, e le seconde sono quelle che si scavano con la traccia a scarpelli o con la mina, e che si tagliano con la sega, per mezzo della continua confrecazione di sabbia molle. Noi ci occuperemo delle seconde, siccome quelle che solo si adoprano nelle costruzioni.

Devesi sempre evitare l' impiego di pietre gelive, specialmente quando esse sono destinate a rimanere con parte delle loro faccie esposte all' atmosfera. Si dicono pietre gelive quelle che dopo una forte gelata, e nel tempo del disgelo si sfogliano e cadono a scaglie simili alle sfoglie delle pietre molari, che cadono sotto il martello dell' acconciatore.

Per venire in chiaro se le pietre sono gelive procedesi come appresso.

1.° Si scelgono dei pezzetti sui punti dubbiosi del blocco di pietra da sperimentare.

2.° Si fanno ridurre questi pezzetti in cubi a canti vivi, aventi 0^m,03 di lato; se si adoprassero i pezzetti come risultano dal troncamento, potrebbero questi esser difettosi o rintornati, non per le qualità della pietra, ma per effetto della forza che gli ha spezzati.

3.° Dopo aver contrassegnati questi cubi relativamente ai punti del blocco ove sono stati tolti, spengesi in una quantità di acqua proporzionata al loro numero, tutto il solfato di soda che la detta acqua potrà dissolvere a freddo, e per essere ben certi che quest'acqua non possa prenderne d'avvantaggio, osservarsi se un'ora o due dopo fatta la soluzione, si trova al fondo del vaso un poco di sale non disciolto. Per esempio 0^k,50 di questo sale basta per saturare un litro di acqua alla temperatura dell'acqua dei pozzi, cioè di circa 12 gradi del termometro di Reaumur.

4.° Si scalda l'acqua così saturata fino che bolle fortemente; allora vi si immergono i cubi da sperimentare e si tengono nell'acqua che prosegue a bollire per una mezz'ora precisa.

5.° Estratti i cubi dal vaso, si pongono sopra dei fili isolandoli da qualunque oggetto; si colloca sotto ognuno di essi un vaso contenente la dissoluzione nella quale hanno bollito, ma accuratamente travasata e purgata dai frammenti della pietra che sempre vi rimangono.

6.° Se il tempo non è o troppo umido o troppo freddo, si troveranno dopo ventiquattro ore le dette pietre in tal modo state sospese, con le superfici ricoperte di piccoli aghi bianchi salini, affatto simili al salnitro siccome trovasi cristallizzato nelle sotterranee cavità. Si immergeranno i cubi di pietra nel vaso che è al disotto ad ognuno di essi onde far cadere le prime efflorescenze saline, e si ripeterà questo ripulimento tutte le volte che gli aghi salini sono ben formati. Dopo la notte, si trovano più lunghi e più abbondanti che nel corso della giornata, lo che persuade di dovere eseguire quest'esperienza in luogo privo di luce naturale.

7.° Se la pietra sperimentata non è di qualità geliva, il sale non trae niente con sé, nè trovasi al fondo del vaso frammento alcuno della pietra sperimentata. Avvertesi che è necessario aver cura di non variare di posizione durante l'esperienza nè la pietra cubica nè il sottoposto vaso.

Se la pietra al contrario è geliva, potremo avvederci fin dal primo giorno che il sale apparirà, che esso con se trasporta dei frammenti di pietra, che il cubo gradatamente perde i

suoi angoli ed i suoi canti vivi, e troverassi al fondo del vaso tutto ciò che rimarrà distaccato nel corso dell'esperimento, che deve essere terminato, compiuto il quinto giorno dal momento in cui il sale aderisce alla pietra la prima volta.

Può aiutarsi la formazione del sale, immergendo la pietra appena esso comincia ad apparire su qualche punto, e ripetendo questa immersione cinque o sei volte al giorno. Rammentiamo che la saturazione dell'acqua col sale deve essere operata a freddo.

8.° Se vuolsi giudicare comparativamente del grado di gelività di due pietre, basterà raccorre dai rispettivi vasi i frammenti di pietra che vi sono precipitati, ed il loro peso darà la misura ricercata. Infine se un cubo di 450 centimetri quadri di superficie ha perduto 40 grammi, una pietra che ha fra tutte le sue faccie 4m,50 di superficie quadra ossia 45000 centimetri quadri di superficie, avrebbe perduto 4000 grammi, ossia un kilogrammo nel medesimo spazio di tempo.

A delle forti gelate, le pietre anche di ottima qualità, ma che non hanno perduta ancora tutta la loro umidità di cava, o che sono saturate di una gran quantità di acqua di pioggia, sono suscettibili di gelarsi, quando non si prendano le precauzioni convenienti nei cantieri, ricuoprendole con paglia e terra. Queste pietre in luogo di sfagliarsi alla superficie come quelle di natura geliva, si fendono o si incrinano in tutta la loro lunghezza parallelamente al letto di cava.

Riconosci che una pietra è di buona qualità quando percossa col martello rende un suono squillante; quando bagnandola, essa si impregna poco di acqua, e che la sua grana è molto fina. Poche sono le pietre che riuniscono tutte queste qualità; ed è per ciò che le persone dell'arte devono impiegare ogni cura ad esaminare con la più scrupolosa attenzione la diversa natura delle pietre di cui fassi uso nelle varie provincie, ove fossero chiamati ad elevare qualche importante edificio, affine di impiegarle a quelle parti delle costruzioni per le quali esse fossero più adattate. In generale fra le pietre della medesima specie, le più dure e di miglior qualità sono le più pesanti a volume eguale. Questa regola peraltro non è senza eccezioni.

CAPITOLO VIII.

DELLE FABBRICHE.

Il cemento è un' amalgama di calce e di sabbia che ha la proprietà di indurire all'aria e nell'acqua, di unire fortemente le pietre e far corpo con esse; ma bisogna essenzialmente per ottenere questo risultato che le materie di cui egli è composto sieno di buona qualità, che le pietre che egli è destinato ad unire sieno impregnate di acqua avanti il loro impiego, e che esse sieno per così dire immerse in un bagno di cemento, senza di che non può sperarsi una buona edificazione.

Il miglior processo per la fabbricazione del cemento si è quello di unire una parte di calce e due parti di sabbia impiegandovi la minor dose di acqua possibile. Il miscuglio fatto con la menatoia a mano riesce ottimo quando si prosegue il mescolamento per un tempo conveniente. In una parola, l'importanza non sta nel modo della amalgamazione, ma consiste nell'ottenere un miscuglio in cui non possano incontrarsi grani di sabbia non impregnati di calce, nè globuli di calce rimasti compatti e senza avere aderito alla sabbia. Il mezzo più sicuro di assicurarsi che il cemento è dosato ed adacquato convenientemente, si è l'osservare se esso si attacca con forza alla pala, quando si toglie dalla massa per porlo nel vassoio del manovale. Nei grandi cantieri operasi il miscuglio della calce e della

rena col mezzo di una macchina detta mulino a maneggio. Consiste in un cilindro stabilmente fissato con spronature al terreno, ed avente nel centro un albero girante col mezzo di due cavalli attaccati ad un maneggio a due bracci. L'albero è armato di 40 palette di ferro, ed in basso del cilindro osservasi un foro di circa 30 centimetri di lunghezza, su 20 di altezza, dal quale sgorga il cemento già confezionato. Vedasi la Tav. VI, fig. 3, 4, 5.

Per servirsi di questa macchina occorre far preparare a mano circa un quarto di metro cubo di cemento, quale gettasi nel cilindro; di poi gettasi di mano in mano nel cilindro stesso e calce spenta e rena nelle opportune dosi, innaffiando il tutto con acqua, mentre i cavalli attaccati al maneggio fanno girare le pale dell'albero. Il foro dove sfoga il cemento è di tal dimensione, che serve a rendere con azione continuata, ciò che di sopra vien supplito, e dalla macchina mescolato.

Il cemento idraulico formasi con un'amalgama di calce idraulica e pozzolana. La pozzolana trovasi naturale nelle vicinanze dei vulcani, ed è il risultato della triturazione di materie già combuste. Si forma artificiale mediante la triturazione o pestamento delle terre cotte, e mediante il metodo Vicat già indicato alla pag. 48. Il cemento idraulico impiegasi con moltissimo vantaggio nei lavori delle fondazioni sott'acqua, o che devono rimanere esposte ad una continua umidità, poichè esso fa prontamente presa, ed acquista molta durezza anche nelle situazioni umide ed immerse.

In alcuni paesi trovansi dei cementi nello stato naturale, quali diconsi cementi romani. Spengono come il gesso, ed impiegati senza l'addizione di sostanza alcuna nelle costruzioni sott'acqua o in situazioni umide, producono effetti sorprendenti. Di questo numero sono i cementi di Inghilterra e di Cahors.

Smalto.

Lo smalto è una specie di muramento che impiegasi nelle fondazioni sotto l'acqua, e che consiste in un miscuglio di due

quinti di cemento idraulico con tre quinti di frammenti di pietre di tre o quattro centesimi di diametro nella grossezza maggiore. Attualmente molto implegasi questo genere di costruzione in tutte le fondazioni, ed anco praticasi per riempire a getto la parte interna delle pareti grosse 0m,5 o 0m,6.

Il più volte citato Vicat ha fatto rimarcare che lo smalto con cemento idraulico assume prontamente una consistenza ed una durezza non inferiore a quella delle più bene eseguite costruzioni.

Dietro questa osservazione A. Lixaute ed altri ingegneri della Francia hanno rimarcato che lo smalto idraulico di Vicat, gettato per così dire in una forma di robusto legname, assodato e compresso ad una pressione di 400 kil. per 0m,04 quadrato riducevasi ben presto ad uno stato di straordinarissima compattezza e resistenza, tanto che non è stato dubitato di asserire che con tal metodo poteva dirsi essere stato strappato alla natura il segreto di formare le pietre di una durezza a tutta prova, non che di esservi la possibilità di costruire importanti fabbricazioni siccome gettate, e di un sol pezzo, quali anderebbero acquistando in breve tempo una durezza di 60 a 80 kil. per 0m,04 quadrato, e potrebbero compiersi con sorprendente celerità ed economia.

Il sistema d'applicazione di questo genere di muramento, vien proposto da A. Lixaute nel modo che appresso.

Si stabilisca una forma di grosso legname per contenere lo smalto della parete da costruirsi; questa sarà alta 0m,40 e dovrà essere intonacata con cemento idraulico nella parte interna quando la parete sia destinata a rimanere sopra terra facendo mostra delle sue facce. Assodato e compresso convenientemente lo smalto gettatovi, si alzerà la forma per 0m,20 ossia per la metà della sua altezza, lasciando l'altra metà a contatto della parete già formata.

Di nuovo procedasi ad intonacare la forma ed a riempirla di smalto, sottoponendolo ad una pressione di 400 kil. per 0m,04 quadrato, e ripetasi consecutivamente quest'ultimo processo fino ad avere conseguita la voluta altezza e struttura della parete da edificarsi. L'intonaco da aderirsi alla forma e che deve

rimanere come paramento esterno alla costruzione, dovrà essere grosso dai 40 ai 45 centimetri.

In conferma della razionalità dell'accennato sistema, osserviamo come si esprime Vicat relativamente ai lavori di smalto.

« I numerosi pezzi che noi abbiamo formati tanto in basso » rilievo, che in bugnati a guanciaie, provano, che il cemento » idraulico aderente allo smalto conserva bene le impronte. » Questi lavori hanno sopportato senza il minimo accidente le » intemperie di più inverni. La loro durezza è sempre andata » aumentando, e la specie di vernice di cui il tempo gli ha » coperti le dà una tal somiglianza con la pietra ordinaria, che » l'occhio il più esercitato vi rimane illuso ».

Ma gli ingegneri Francesi non sono soltanto rimasti appagati dall'idea delle proposte costruzioni, mentre uno di essi ha già costruito un intero ponte di smalto, con archi di non piccola luce, sopra un fiume nel dipartimento di Tarn-et-Garonne, e con sistema analogo a quello già accennato.

Faremo in ultimo rimarcare relativamente alla durezza a cui possono giungere i materiali di buon cemento e di buono smalto, che non v'è uomo versato nell'arte, che non abbia osservato, che nella demolizione degli antichi edifizi, sovente incontrasi che i cementi hanno acquistata maggior durezza e solidità dei materiali cui erano destinati a collegare.

Costruzione in mattoni.

La costruzione in mattoni è antichissima. Sembra che essa abbia avuto origine nelle contrade di pianura dove spesso mancano gli altri materiali. Le fabbriche in mattoni, per lo più tramezzate sugli angoli con liste di pietre da taglio, riuniscono ad una solidità rimarcabile una certa eleganza che non manca di gusto e di bellezza. Si osservano specialmente, alcune costruzioni formate con grandiose liste alternamente sporgenti e rientranti, quali unitamente ad una tinta severa apportata dal tempo, producono un assieme imponente, e tale da rimpiazzarsi difficilmente con gli intonachi e con gli ornamenti.

Nei primi tempi del risorgimento dell'arte, usavasi spesso fra noi, specialmente nelle fabbriche di uso religioso, il modo di costruzione accennato, con paramento di mattoni lasciati senza intonaco e di più formavansi in terra cotta i piccoli archetti per sostenere lo sporto delle cornici, ed anche le mensole occorrenti che distribuivansi con semplicità e maestria. Qualche volta tiravasi partito dagli stessi mattoni per ornare, ponendoli con un angolo in faccia ed alquanto sporgenti, e scambiandoli di posizione lista per lista, veniva ad ottenersi un ornamento non sconveniente e di pochissimo importare. A nostro sentimento non sarebbe cosa male intesa l'imprendere a far rivivere questo industrioso sistema, specialmente applicandolo alle fabbrichette agresti e di carattere rustico.

All'epoca presente fassi uso di una gran quantità di mattoni per la formazione degli archi, dei divisori interni delle fabbriche, e per i pavimenti, ed effettivamente il muramento in mattoni, specialmente impiegato per la formazione degli archi, e per gli usi comuni, può rimpiazzare con convenienza quello in pietre da taglio, tanto per la solidità che per l'economia.

I mattoni cui principalmente si fa uso in Toscana son formati da un rettangolo lungo 0m,30 largo 0m,15; la loro grossezza è di 0m,055.

La qualità della terra di cui sono formati ed il grado di cottura contribuiscono alla loro bontà. Quando un mattone è di buona terra e ben cotto, produce percosso con il martello un suono squillante. Questi mattoni che diconsi ferrigni, differiscono moltissimo da altri che estesamente si pongono in commercio, e dai quali occorre bene astenersi, perchè sono privi di ogni resistenza e facilmente si decompongono. È avvenuto che gli ammattonati di un luogo frequentato, in pochi anni sono rimasti così consunti da lasciare scoperto in alcuni punti lo smalto sottoposto.

Costruzioni in pietra.*Idee generali.*

Se noi ponghiamo attenzione alla quantità delle edificazioni che sorsero negli ultimi cento anni, non possiamo che rimanere stupiti della tendenza operosa dei popoli ad uno straordinario progresso sociale. Dobbiamo però in pari tempo rimarcare che la maggior parte delle intraprese di costruzione venne rivolta al miglioramento delle comunicazioni, alla formazione dei locali per utili stabilimenti, alla riduzione ed ampliamento delle fabbriche già esistenti, ed alla costruzione di nuovi edifici per uso di abitazione. Insomma, la speranza della rendita e non lo sfarzo signorile è stato quasi sempre il fomite delle intraprese. È ciò appunto doveva succedere, in un'epoca siccome quella indicata tutta dedita alle speculazioni. Lontani da non fare op-
plauso a questi risultati, vorremmo però che almeno in seguito, lo spirito dell'economia, non fosse spinto tanto oltre da far rimanere sodisfatti gli intraprenditori di un'eleganza posticcia procurata col mezzo dello stucco e del cemento. All'occhio dei veri intelligenti è più gradovole una facciata di casa senza ornamenti e con i piani ben dogradati, di che lo sia quando è ornata con le solite finestre a cornici e mensole di stucco. Non si vede il perchè molti architetti moderni spendino talvolta delle rilevanti somme in questi ornamenti posticci, mentre con le somme stesse unite a quelle erogate nelle pareti coperte da bugnati di intonaco, potrebbero ottenere delle pareti esterne con paramento di pietra, specialmente facendo uso di pietre di piccola dimensione acconciate regolarmente. Se si avesse la rassegnazione di adottare soltanto le pietre da taglio per le fabbriche di carattere monumentale destinate a decoro delle città, e di preferire per le fabbriche comuni e di carattere industriale, il sistema di costruzione sopra indicato, potremmo riprometterci di avere delle fabbriche secolari e non durature per poche stagioni. Convien rammentarsi che il carattere delle fabbriche, è l'espressione della magnanimità o della grettezza delle genera-

zioni che le hanno costruite. Per convalidare le idee sopra esposte giovi di rammentare che dall'epoca della costruzione delle piramidi egizie fino all'ingrandimento dell'Impero Romano, si costruirono i monumenti ponendo delle enormi pietre una sull'altra, ottenendo col peso della loro mole quella stabilità che altrimenti non potevasi conseguire per mancamento dell'uso dei cementi di collegazione. I Romani a sentenza degli storici furono i primi a scoprire l'uso del cemento: ma siccome il loro sentire era generoso e magnanimo, non pensarono minimamente a servirsene ad uso di intonaco per nascondere le costruzioni, ma l'applicarono come collegamento delle pietre, e preferirono di fare i paramenti delle fabbriche di piccole pietre acciociate in quadro e ben connesse fra loro, così mostrando di prediligere più la durata e la stabilità, che l'eleganza e l'apparenza del momento. Per ultimo osserveremo, che allorquando una rigorosa economia prescrive di edificare le pareti delle facciate con sassi informi, e che l'applicazione dell'intonaco rendesi necessaria, in tal caso sarà sempre meglio attenersi ad una decente semplicità, piuttosto che pretendere ad una magnificenza che invece di nascondere la deficienza dei mezzi maggiormente la manifesta.

CAPITOLO IX.

DELLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI, DEL LORO PESO SPECIFICO, DEL LORO PESO E DELLA LORO RESISTENZA APPLICATA ALLE COSTRUZIONI.

Dei Legnami.

Dal principio dell'autunno fino al termine dell'inverno, corre l'epoca più favorevole per il taglio dei boschi destinati alle costruzioni. A primavera tutti gli alberi sono in succo, e l'umidità dell'antecedente stagione che gli ha penetrati infino al centro gli dilata e toglie alla fibra tutta la sua fermezza.

Il pino, l'abete e la querce, sono in generale i soli legnami preferiti per le costruzioni. Qualche volta viene impiegato anche il pioppo. I legnami devono sempre essere ben sani, senza nodi viziosi nè riscaldature, sopra tutto i legnami di pino e di abete. Si conoscono facilmente questi difetti con la sola ispezione: in generale i legnami sono come le pietre: i più grossi sono sempre i migliori. Per le intravature delle fabbriche devonsi impiegare sempre la querce di preferenzà ad ogni altro legname. Per rendere il suo legname di una qualità superiore, è necessario immediatamente all'atterramento squadrare i pezzi e tenerli sommersi nell'acqua almeno per sei mesi.

Quelli artisti che volessero maggiori nozioni in proposito, potranno consultare la Biblioteca dell'Ingegnere Stimatore Volume primo all'articolo Boschi, non che l'Opera di Rondelet.

Prospetto contenente le altezze medie alle quali possono elevarsi diverse specie di alberi, quelle del loro tronco; il peso specifico del loro legname, e quello del metro cubo.

NOME DEGLI ALBERI.	ALTEZZA MEDIA		DIAMETRO dei tronchi.	PESO specifco.	PESO del metro cubo.
	degli alberi.	dei tronchi.			
	m. c.	m. c.	m. c.	kilog.	k.
1 Albionco	9.00	4.00	0.27	789	750.00
2 Acacia a tre spine	12.00	6.00	0.49	676	675.00
3 Bagolano comune	24.00	15.00	0.72	879	830.25
4 Paretella	20.00	12.00	0.60	739	688.50
5 Mandorlo	12.00	7.00	0.36	1102	1039.50
6 Albero di Giuda	10.00	6.00	0.32	686	648.00
7 Albero comune	25.00	14.00	0.75	655	621.00
8 Albero di S. Lucia	9.00	5.00	0.27	865	810.00
9 Betulla comune	27.00	15.00	0.81	702	661.50
10 Bosno di Mahon	9.00	5.00	0.27	919	864.00
11 Catalpa	14.00	8.00	0.42	467	432.00
12 Cedro del Libano	30.00	16.00	1.00	605	567.00
13 Carpine comune	18.00	10.00	0.54	760	715.50
14 Castagno	24.00	14.00	0.72	655	645.00
15 Querce comune	27.00	14.00	0.81	905	837.00
16 Querce bianca del Canada	30.00	18.00	0.90	842	796.50
17 Querce di Borgogna	25.00	14.00	0.75	764	715.50
18 Querce rossa di Virginia	27.00	15.00	0.81	587	555.00
19 Querce verde	21.00	12.00	0.63	994	931.50
20 Sorbo ordinario	15.00	8.00	0.45	911	830.25
21 Cipresso piramidale	24.00	12.00	0.72	655	621.00
22 Cipresso steso	20.00	11.00	0.60	572	540.00
23 Eban della Alpi	10.00	6.00	0.30	1054	985.50
24 Acero di Virginia	24.00	12.00	0.72	629	594.00
25 Acero color diaspro	12.00	7.00	0.36	554	513.00
26 Falsa Acacia	20.00	10.00	0.60	791	741.50
27 Fievrio senza spine	18.00	9.00	0.54	780	729.00
28 Frassino	20.00	12.00	0.60	787	741.50
29 Faggio	24.00	14.00	0.72	720	678.00
30 Tasso	9.00	5.00	0.27	778	729.00
31 Castagno	24.00	14.00	0.92	657	621.00
32 Larice	25.00	15.00	0.90	656	621.00
33 Noce	18.00	9.00	0.92	680	654.50
34 Noce d'America	20.00	10.00	0.96	735	688.50
35 Olmo	24.00	14.00	0.80	738	688.50
36 Pinppo d'Italia	25.00	15.00	0.81	415	461.50
37 Pino del Nord	27.00	15.00	0.87	612	580.50

Seguito del Prospetto contenente le altezze medie alle quali possono elevarsi diverse specie di alberi, quelle del loro tronco, il peso specifico del loro legname, e quello del metro cubo.

NOME DEGLI ALBERI.	ALTEZZA MEDIA		DIAMETRO dei tronchi.	PESO specifco.	PESO del metro cubo.
	degli alberi.	dei tronchi.			
	m. c.	m. c.	m. c.	kilog.	k.
38 Platano	25.00	14.00	0.75	622	587.25
39 Platano d'Oriente. . . .	27.00	14.00	0.96	538	499.50
40 Platano d'Occidente . . .	25.00	13.00	0.90	704	661.50
41 Pero salvatico.	12.00	6.00	0.56	715	675.00
42 Melo salvatico.	9.00	5.00	0.33	735	688.50
43 Sussino salvatico	12.00	5.00	0.50	762	717.50
44 Abete.	35.00	15.00	1.20	542	513.00
45 Saleis	20.00	9.00	0.30	462	432.00
46 Sicomoro	22.00	10.00	0.72	645	607.50
47 Sorbo.	18.00	6.00	0.42	742	702.00
48 Tiglio	20.00	10.00	0.66	564	526.50
49 Albero del Canada	20.00	10.00	0.70	477	445.50
50 Tuja della China.	18.00	10.00	0.56	560	526.50
51 Vernice del Giappone . . .	10.00	6.00	0.56	520	769.50

Del peso specifico delle materie.

Il peso specifico di una materia è il rapporto del suo peso con un simile volume di acqua, quale si suppone di 1000 kilogrammi. Ciò stabilito, il peso di un decimetro cubo di acqua essendo un kilogrammo, il peso di un simil volume di una materia qualunque indicherà altresì il peso specifico in kilogrammi.

Si ottiene il peso specifico di una materia, o quella di un metro o di un decimetro cubo, senza essere obbligati di darle questa forma, pesando questa materia nell'aria e nell'acqua, e facendo la proporzione seguente. La quantità del peso che que-

sta materia perde nell'acqua stà a 4000, come il suo peso nell'aria stà al peso specifico.

Ecco una seconda definizione a questo soggetto: il peso specifico di una materia qualunque, è il suo proprio peso, meno il peso del suo volume ridotto in acqua. Tal definizione deriva dal principio incontestabile, che tutti i corpi pesano nell'acqua tutto il loro peso, meno il peso del volume d'acqua che dislocano.

Per esempio: sia un pezzo di pietra di una forma qualunque che pesi nell'aria 20 kilogrammi e nell'acqua 15 kilogrammi il decimetro cubo di acqua pesando un kilogrammo o 1000 grammi, ed il pezzo di pietra perdendo 5 kilogrammi, egli cuberà 5 decimetri cubi, ed il suo-peso specifico per decimetro cubo, sarà di 3 kilogrammi o 3000 grammi. Sopra queste basi è stato costruito il prospetto seguente.

Prospetto indicante il peso specifico, il peso del metro cubo reale, e la forza di diverse specie di pietre da costruzione, delle terre e sabbie, delle calce, del gesso, dei cementi pozzolani e mattoni.

NATURA DEI MATERIALI.	PESO specifico in Kilogr. di un metro cubo di pietra.	PESO reale in Kilogr. del medesimo metro cubo di pietra.	PESO in Kilogr. per schiacciare un cubo di 25 centim. di superficie di base.
Pietre.			
	k. e.	k. e.	k.
Pietra di Mans detta rossastra.	2643.80	3643.80	6852
Lava del Vauvieu	2641.70	3641.70	15881
Pietra grigia { di Firenze	2657.50	3657.50	10566
{ di Milano.	2562.20	3562.20	11557
{ di Passy	2462.70	3462.70	6790
Cliquart di Mendon	2459.00	3459.00	8982
Pietra di Compiègne della cava del Re.	2525.00	3525.00	6967
Roccia della Via Saint-Germain	2555.00	3555.00	2679
Pietra di l'écamp, presso Saint-Denis	2341.40	3341.40	3627
Roccia rossa di Saint-Cloud.	2308.10	3308.10	4549
Roccia d'Arcueil	2503.90	3503.90	6334
Roccia dura di Châtillon.	2294.80	3294.80	4547
{ di Saint-Maur.	2160.20	3160.20	13020
{ del Piano d'Ivry	2118.00	3118.00	9620
Pietra { di Senlis	2113.80	3113.80	9520
{ di Charenton	1968.90	2968.90	5560
{ di gesso di Montmartre.	1918.05	2918.05	4340
Granito verde dei Volges	2854.00	3854.00	37044
Granito grigio ferro, della Corrère	2860.00	3860.00	38536
{ del dip. di Lot-et-Garonne et.	2576.00	3576.00	12750
Pietra { del dip. della Gironde	2467.00	3467.00	11540
calcareo { del dip. di Gers et.	2576.00	3576.00	12750
{ del dip. di Tarn-et-Garonne.	2489.00	3489.00	10345
Terre e Sabbie.			
	400.00	1400.00	"
Terra { Vegetale.	400.00	1400.00	"
{ Argillosa	600.00	1600.00	"
{ Argilla	900.00	1900.00	"
{ molto sabbiosa	700.00	1700.00	"
Belletta	700.00	1700.00	"
Argilla a creta	800.00	1800.00	"
Terra commista a piccole pietre	1000.00	2000.00	"
Terra grassa meschiata a ghiaia	1300.00	2300.00	"
Terra sabbiosa di pastura	600.00	1600.00	"
{ fine secca	500.00	1500.00	"
{ fine umida	900.00	1900.00	"
Sabbia { fossile argillosa	800.00	1800.00	"
{ di fiume	900.00	1900.00	"

Seguito del Prospetto indicante il peso specifico, il peso del metro cubo reale, e la forza di diverse specie di pietra da costruzione, delle terre e sabbie, della calce, del gesso, dei cementi pozzolane e mattoni.

NATURA DEI MATERIALI.	PESO specífico in Kilogr. di un metro cubo di materiale.	PESO reale in Kilogr. del medesimo metro cubo di materiale.	PESO in Kilogr. per schiacciare un cubo di 25 centim. di superficie di base.
Calce, gesso, cemento e mattoni.	k. e.	k. e.	k.
Calce grassa viva sortendo di fornace	"	900.00	"
Calce grassa spenta con acqua	400.00	1400.00	"
Calce idraulica in polvere	"	700.00	"
Gesso { secco in polvere	500.00	1300.00	"
spento secco	600.00	1500.00	"
spento umido	650.00	1650.00	"
Cemento di terre cotte pestate	250.00	1250.00	"
Cemento di Lot (Cahors)	250.00	1250.00	"
Pozzolana d'Italia	250.00	1250.00	"
Mattoni da costruzione ben cotti	800.00	1800.00	"
Tegolame ed embrici da tetti	700.00	1700.00	"
Sasso accapazzato da costruzione	1000.00	2000.00	"

Prospetto del peso specifico dei metalli.

NATURA DEI METALLI.	PESO DEL METRO CUBO	
	reale.	specífico.
	k.	k.
Platino	21000.00	20000.00
Oro	19230.00	18230.00
Mercurio	13560.00	12560.00
Piombo	11350.00	10350.00
Argento	10510.00	9510.00
Rame rosso	8878.00	7878.00
Rame giallo	8544.00	7544.00
Acciaio	7840.00	6840.00
Ferro battuto	7788.00	6788.00
Stagno	7291.00	6291.00
Ferro fuso	7208.00	6208.00
Zinco fuso	6561.00	5561.00

N. B. 40000 millimetri quadrati eguagliano un decimetro quadrato; 4000 millimetri = 40 centimetri; 400 millimetri = un centimetro. Un metro cubo eguaglia 1000000 centimetri cubi; quindi per ottenere il peso di un centimetro cubo di ciascuna specie di metallo, bisogna dividere il peso del metro cubo per 1000000, dal che avremo:

	k. g. m.		k. g. m.
1 centimetro cubo di platino . . .	0.021.000	1 centimetro cubo di rame giallo . .	0.008.544
1 id. oro . . .	0.019.230	1 id. acciaio . . .	0.007.840
1 id. mercurio . . .	0.013.560	1 id. ferro battuto . .	0.007.788
1 id. piombo . . .	0.011.350	1 id. stagno . . .	0.007.291
1 id. argento . . .	0.010.510	1 id. ferro fuso . .	0.007.100
1 id. rame rosso . .	0.008.878	1 id. zinco fuso . .	0.006.861

Il grammo è il peso di 0^m,01 cubo di acqua distillata. Per ottenere il peso di una verga o barra di un metallo qualunque, basterà di fare il cubo in centimetri cubi della verga o della barra, e di moltiplicarlo per il peso di un centimetro cubo che corrisponde al metallo del quale vuoi conoscere il peso.

Sia data per esempio una barra di ferro fuso di 4 metri di lunghezza, di 0^m,05 di altezza e di 0^m,08 di larghezza. lo scrivo: 4^m,00 ovvero $400^c \times 5 \times 8 = 16000^c \times 0^k,007^g, 208^m = 113^k, 228^g, 040^m$.

DELLA RESISTENZA DEI LEGNAMI, APPLICATA ALLE COSTRUZIONI.

Resistenza del legname di testata.

Tutte le esperienze hanno dimostrato che un palone di quercia o di abeto, la di cui altezza è otto a dieci volte il diametro della base, sopporta da 5 a 7 kilog. per millimetro quadrato avanti di schiacciarsi sotto il peso di cui è caricato, e che allorché questo limite di altezza è maggiore relativamente alla base, il palone si piega avanti di rompersi: lo che dimostra che un palone, ossia un tronco di quercia o di abeto nel suo stato cilindrico, e soltanto mondato dalla scorza, non dovrebbe essere giammai di un'altezza maggiore di dieci volte il diametro della base.

Ciò posto noi prenderemo 6 kilogrammi per millimetro quadrato per la resistenza assoluta della forza del legname di testata, e non conservando nell'applicazione che i $5/6$ di questa forza assoluta, ossia 5 kilogrammi per millimetro quadrato si trova che un palone di 10000 millimetri quadrati, o di dieci centimetri di lato (conteggiando una base quadrata in sostituzione della sua equivalente circolare) potrebbe sostenere 50000 kilogrammi.

Ma siccome incontransi molte circostanze che raddoppiano, triplicano ed anche decuplano lo sforzo di un peso o di un carico, è prudenziale di non far conto della forza di un palone la di cui altezza è dieci volte il diametro della base, che per un decimo, ossia 500 grammi per millimetro quadrato, lo che riduce a 5000 kilogrammi il carico da sopportarsi da un palone o candela di 10000 millimetri superficiali di base.

Nelle costruzioni i carichi sono molto meno considerabili, perchè non basta che un palone abbia un'area superficiale alla base proporzionata al carico che esso deve sostenere, ma bisogna ancora che abbia una stabilità in rapporto con la sua posizione e con le regole dell'arte di costruire, che stabiliscono l'altezza dei sostegni o delle colonne, fra i 7 ed i 10 diametri della loro base.

Resistenza dei legnami tirati per le loro estremità.

Risulta dalle esperienze fatte dai costruttori antichi e moderni sulla forza dei legnami di quercia e di abeto tirati per i loro estremi, che la resistenza assoluta è di 11 a 13 kilogrammi a millimetro quadrato, ossia in media kilogrammi 12.

Nelle costruzioni, talvolta agiscono i legnami per loro forza assoluta, e talvolta per loro forza relativa. Si intende per forza assoluta, lo sforzo che abbisogna per rompere un pezzo di legname tirandolo per i suoi estremi, e nella direzione delle loro fibre.

Ma la forza relativa del legname dipende dalla posizione che esso occupa: così un pezzo di legname collocato orizzontalmente ed avendo le sue estremità sopra due appoggi, si rompe più

facilmente e sotto un più piccolo sforzo che se esso si trovasse inclinato o in direzione verticale. Fu constatato che lo sforzo necessario per romperlo è altrettanto meno grande quanto più il pezzo è lungo in rapporto alla sua grossezza, e questo sforzo diminuisce presso a poco in ragione inversa della lunghezza, allorchè le grossezze sono eguali. Per esempio, un pezzo di 25 centimetri di squadratura e di tre metri di lunghezza, collocato orizzontalmente, porta un poco più del doppio di un'altro della medesima grossezza sopra 6 metri di lunghezza collocato alla medesima maniera.

**Resistenza del legname posato orizzontalmente
sopra due appoggi.**

Le medesime esperienze dimostrano altresì che per ottenere la forza relativa di un pezzo di legname collocato orizzontalmente, basta moltiplicare la superficie della grossezza del pezzo, ossia della sua testata, per la metà della resistenza assoluta, e poi dividere il prodotto per il numero delle volte che la sua spessorezza verticale è contenuta nella lunghezza.

Sia dato, per esempio, per l'applicazione di questa formula, un pezzo di 0m,25 sopra 0m,25 di squadratura, e di 4 metri di lunghezza fra gli appoggi; in questa proposizione vedesi che la spessorezza è contenuta 16 volte nella lunghezza.

Designando la metà della forza assoluta per $a=6$ kilogr.

Id. la superficie della sezione del pezzo per $s=0m,062,500$.

Id. il rapporto della lunghezza alla spessorezza per $r=16$.

La formula è $\frac{as}{r}=x$; sostituendo $\frac{6 \times 62500}{16} = 23437,50$.

È d'uso perchè i pezzi del legname possano resistere con la solidità convenevole, a tutti gli sforzi cui possono essere nel caso di dover sostenere, che il loro carico sia molto minore di quello capace a farli rompere. Nella pratica suole adottarsi il decimo del carico che occasiona la rottura. In forza di questo principio, il luogo di 23437,50 non dovrà adottarsi che un carico permanente di 2343,75.

LUNGHEZZA dei pezzi.	SQUADRATURA di 0m.250 su tutta la faccia.	RAPPORTO della grandezza verticale alla lunghezza.	PESO per riempire il pezzo derivato dal peso assoluto.	LUNGHEZZA dei pezzi.	SQUADRATURA di 0m.250 su tutta la faccia.	RAPPORTO della grandezza verticale alla lunghezza.	PESO per riempire il pezzo derivato dal peso assoluto.	OSSERVAZIONI.
m.	mm.		k. e.	m.	mm.		k. e.	Il carico è supposto al mezzo delle travi. Nell'applicazione non dovranno prendere che 1/10 della forza assoluta per avere la forza permanente, nella costruzione delle opere di legname.
4	62500	16.00	23437.40	6	122500	17.14	42883.49	
5	<i>id.</i>	20.00	18750.00	7	<i>id.</i>	20.00	36750.00	
6	<i>id.</i>	24.00	15625.00	8	<i>id.</i>	23.44	31694.05	
7	<i>id.</i>	28.00	12678.57	9	<i>id.</i>	26.20	28053.43	
8	<i>id.</i>	32.00	11718.75	10	<i>id.</i>	29.25	25142.26	
10	<i>id.</i>	40.00	9375.00	12	<i>id.</i>	35.35	20792.08	
m.	mm.		k. e.	m.	mm.		k. e.	
(0.300X0.300)				(0.400X0.400)				
4	90000	13.33	40510.43	8	160000	20.00	48000.00	
5	<i>id.</i>	16.66	32967.54	9	<i>id.</i>	22.50	42653.33	
6	<i>id.</i>	20.00	27000.00	10	<i>id.</i>	25.00	39400.00	
7	<i>id.</i>	23.33	23133.73	11	<i>id.</i>	27.50	34909.09	
8	<i>id.</i>	26.66	20292.58	12	<i>id.</i>	30.00	32000.00	
10	<i>id.</i>	33.33	16204.62	14	<i>id.</i>	35.00	27428.57	

Forza dei legnami situati obliquamente.

La forza dei legnami collocati obliquamente procede da quella della loro doppia posizione verticale ed orizzontale: altresì, più l'obliquità si avvicina alla verticale, più la forza è considerevole; mentre all'opposto, più essa se ne allontana per coincidere con l'orizzontale, più decresce.

Stabilito questo principio, osserviamo che la forza di un pezzo di legname collocato obliquamente, è data dalla superficie della sua sezione trasversale, moltiplicata per la metà della forza assoluta (6 kilogr. per millimetro quadrato) o questo prodotto diviso per il numero delle volte che la spessezza del pezzo è contenuta nella proiezione orizzontale della sua obliquità.

Della forza dei ferri e della loro resistenza.

Da varii celebri autori è stata trattata questa questione e tutte le loro ricerche sperimentali hanno avuto per oggetto di

determinare la forza necessaria per rompere un pezzo di ferro situato nelle posizioni seguenti.

1.^a Tirato per le due estremità; occorrono 48 kilogr. per millimetro quadrato.

2.^a Di testata sotto la pressione; occorrono 55 kilogr. per millimetro quadrato.

3.^a Orizzontale fra due appoggi; occorrono $\frac{55k \times s}{r}$ (s indica la sezione ed r il rapporto).

4.^a Obliquo fra due appoggi; occorre la stessa formula, ma il rapporto dovrà essere quello della grossezza alla proiezione orizzontale del pezzo.

Noi abbiamo prese le antecedenti cifre, siccome le più esatte e le più sicure fra una folla di esperienze i di cui risultati differiscono considerabilmente fra loro in ragione della varia qualità della materia prima, come pure in ragione della migliore o peggiore fabbricazione delle barre sperimentate. I ferri non nervosi o eccessivamente poco, tirati alle due estremità presentano una forza assoluta di 27 kilogr. per millimetro quadrato, mentre i ferri nervosi, di buona qualità presentano una resistenza assoluta compresa fra 46 e 52 kilogr. onde per media 48 kilogrammi.

Deve essere rimarcato altresì che la resistenza dei ferri varia a misura che varia il rapporto del loro perimetro con la sezione trasversale, ed ottiensi la resistenza di qualunque grossezza di ferro in millimetri quadrati facendo la somma del perimetro, con la sezione moltiplicata per 27 kilogrammi che è la resistenza del ferro di tutta grana.

Designando per p il perimetro, per s la sezione, per a la forza assoluta del ferro di tutta grana, ed infine per x la resistenza: questa formula sarà $p+s \times a = x$.

Resistenza delle fusioni di ferro.

1.^a Getto di seconda fusione, tirato per le due estremità, 24 kilogr. per millimetro quadrato.

2.° Verticale sotto la pressione, 90. kilogrammi per millimetro quadrato.

3.° Orizzontale fra due appoggi $\frac{30k \times s}{r}$ (s indica la sezione ed r il rapporto della grossezza alla lunghezza).

Formule per cubare i legnami cilindrici e conici.

La cubatura dei legnami cilindrici o rotondi è di un uso frequentissimo, e non sarà fuori di luogo il farne parola, specialmente essendo in pratica opportuno di attenersi a metodi speditivi più che sia possibile.

Si misura la lunghezza ed il diametro di ogni palone, contrassegnando il legname con numeri progressivi; scrivansi in una lista i numeri corrispondenti, e di fronte si registri la lunghezza ed il diametro medio sopraindicati.

Si sa che la misura del cerchio è la circonferenza moltiplicata per la metà del raggio, od altrimenti il rapporto della circonferenza al diametro, moltiplicato per il quadrato del raggio; si sa altresì che il rapporto della circonferenza al diametro è di 3m,1416.

Fissati questi principii, per fare il cubo di un palone qualunque, bisogna moltiplicare 3,1416 per il suo diametro medio. Questo primo prodotto offre la circonferenza che deve essere moltiplicata per $\frac{1}{4}$ del diametro medio, e questo ultimo, prodotto (che noi chiamiamo sezione di tutti i legni rotondi e conici del medesimo diametro), moltiplicato per la lunghezza del palone, darà la cubatura domandata.

Per essere più precisi serviamoci del linguaggio algebrico.

1.° P. indicherà il rapporto della circonferenza al diametro, ossia 3m,1416;

2.° D. il diametro medio del palone da cubare, rappresentato da 0m,25;

3.° L. la lunghezza del palone in metri 5.

4.° X. la cubatura.

Facendo l'operazione avremo $P \times D \times \frac{D}{4} \times L = X$.

Sostituendo i valori alle lettere, otterremo

$$3m,1416 \times 0m,25 \times \frac{25}{4} \times 5m = 0m,2155$$

che è la cubatura di un palone avente 0m,25 di diametro medio e metri cinque di lunghezza.

Alla detta formula può sostituirsi la seguente che è più semplice: Moltiplicare il rapporto 3,1416 per il quadrato del raggio; sia il Raggio R.

$$P \times R^2 \times L = C$$

E sostituendo: $3,1416 \times 0m,015625 \times 5 = 0m,2455$.

Il seguente prospetto dà tutte le sezioni dei cerchi dal diametro 0m,45 fino al diametro 0m,38.

La prima colonna indica il numero progressivo dei paloni, la seconda, il diametro medio, la terza, la sezione che moltiplicata per la lunghezza di ciascun palone che le corrisponde produce la cubatura; la colonna quarta indica questa lunghezza e la colonna quinta la cubatura.

NUMERO d'ordine dei paloni.	DIAMETRO medio.	SEZIONE.	LUNGHEZZA.	CUBATURA.
			m. c.	m. c.
1	0.45	0.0177	5.00	0.089
2	0.46	0.0201	7.00	0.141
3	0.47	0.0226	9.00	0.204
4	0.48	0.0254	4.00	0.102
5	0.49	0.0293	7.00	0.205
6	0.50	0.0314	6.00	0.188
7	0.51	0.0346	8.00	0.276
8	0.52	0.0379	5.00	0.190
9	0.53	0.0416	6.00	0.250
10	0.54	0.0452	8.00	0.362
11	0.55	0.0490	10.00	0.490
12	0.56	0.0530	10.00	0.530
13	0.57	0.0572	8.00	0.458
14	0.58	0.0616	10.00	0.616
15	0.59	0.0660	10.00	0.660
16	0.50	0.0707	12.00	0.848
17	0.51	0.0754	12.00	0.905
18	0.52	0.0804	12.00	0.965
19	0.53	0.0852	10.00	0.852
20	0.54	0.0905	10.00	0.905
21	0.55	0.0961	10.00	0.961
22	0.56	0.1018	10.00	1.018
23	0.57	0.1074	10.00	1.074
24	0.58	0.1194	12.00	1.433

CAPITOLO X.

DELLA SPINTA DELLE TERRE.

Rondelet nella sua opera sull'arte di costruire stabilisce che l'inclinazione occorrente alla arginatura delle terre di media tenacità è di 50 gradi; di più, che la spinta delle terre contro i muri di rivestimento risulta molto diminuita, quando si ha la precauzione di pestonarle e di rilegarle con degli strati di fascine che le impediscano di smottare.

Chiamando h l'altezza di un muro, ed α la sua grossezza, si ottiene di seguito alle esperienze ed alla teoria di questo autore $\alpha = h \times 0,243$ per resistere alla spinta delle terre attergate al medesimo. Questa formula è rimarcabile per la sua semplicità.

L'umidità e le acque che rimangono senza sfogo dietro i muri di rivestimento, possono a lungo andare decomporre una parte delle pietre e causare dei gravi danni.

Il mezzo di prevenire tali inconvenienti si è di lasciare di distanza in distanza delle strette aperture dette barbacani, distanti da terra circa 0^m,50 per dar passaggio alle acque che filtrassero nelle terre: in tali casi, occorre aver cura che il di dietro del muro di rivestimento sia involuppato da una camicia di sabbia di un metro di grossezza.

Questo stesso autore racconta di aver fatto ricostruire da più di trenta anni, un muro di rivestimento che era già rovinato diverse volte, ma che trovavasi dalla citata epoca in ottimo stato, mercè la sua conveniente scarpatura, e le diligenze praticate con formarvi i barbacani ed il rinvestimento di sabbia. Le dimensioni del detto muro erano: 4^m,40 alla base, 7^m,40 di altezza 0^m,68 di grossezza alla sommità, e 0^m,50 di scarpatura.

Ecco un'altra formula non meno interessante di quella già riportata.

Secondo l'opinione di tutti gli ingegneri, le terre di media tenacità si atteggiano naturalmente in un piano inclinato di 45 gradi, e l'altezza delle terre corrisponde al lato di un triangolo rettangolo la di cui ipotenusa è il piano inclinato a 45 gradi. Il rapporto della diagonale al lato del quadrato è di $\frac{99}{70}$:

supponendo dunque l'altezza delle terre di metri 6, la diagonale sarà $\frac{6 \times 99}{70} = 8,49$ ed $\frac{1}{6}$ di questo numero sarà la grossezza ricercata di 1m,44. Questo muro che si suppone in piombo all'interno, e di una grossezza uniforme di 1m,44 deve prendere nell'applicazione presso a poco il profilo seguente: 0m,70 alla sommità, e 2m,11 alla base, e deve avere dal lato delle terre da sostenere una scarpatura di 0m,20 per metro di altezza.

In sostanza questa formula conduce a dare alla grossezza dei muri di sostegno, un sesto della diagonale a 45 gradi dell'altezza delle terre da sostenersi. Quando peraltro i muri sono costruiti di pietre a secco, cioè senza cemento, allora occorre allontanarsi dalle regole superiormente indicate, e conviene dare alla grossezza della base una metà più, lasciando il muro alla sommità della grossezza sopra designata, ed assegnando la più gran parte della scarpatura dal lato delle terre da sostenere.

Diremo infine, che i muri verticali, o di una scarpatura poco sensibile, non devono oltrepassare la differenza del quinto, fra la base e la sommità, perchè dal lato delle terre occorre che essi sieno clovati seguendo una linea perpendicolare alla loro base. Pertanto, nell'applicazione, si suol fare subire a tali muri certe riseghe dal lato delle terre, che producono delle economie di materiali e di lavoro, senza nuocere alla solidità.

Noi abbiamo considerato questi muri come non aventi che a resistere allo sforzo delle terre che tendono a rovesciarli, e le formule che abbiamo offerte, gli procurano una resistenza doppia della potenza che gli spinge, quindi crediamo che i medesimi indipendentemente dalla spinta delle terre, possano essere sottomessi con buon successo all'azione delle acque le più violente, quandochè essi sieno murati con buon cemento e ben costruiti.

CAPITOLO XI.

DELLA SPINTA DELLE VOLTE, DEI LORO PIÙ DIRITTI
E DELLE LORO DIMENSIONI.

Noi non intraprenderemo a trattare della teoria delle Volte, perchè questo studio ne costringerebbe ad' oltrepassare i limiti assegnati ad una Guida. Soltanto ci contenteremo di riportare alcuni prospetti formati dietro le formule emesse dal celebre Bélidor rimandando all'opera di questo autore coloro che desiderassero di praticare uno studio più esteso su tal soggetto.

Prospetto delle differenti grossezze che bisogna dare alle Volte curvate in piena centina, ed ai loro più diritti, in ragione del loro diametro e del modo con cui esse sono extradossate.

VOLTE EXTRADOSSATE.							
Diametro o corda delle volte.	Interamente a livello		Metà a livello e metà di eguale grossezza		Metà a livello e metà d'irregolare grossezza		
	della volta alla chiave.	dei più diritti.	della volta alla chiave.	dei più diritti.	al mezzo delle spalle.	della volta alla chiave.	dei più diritti.
4.00	0.053	0.363	0.111	0.444	0.125	0.053	0.400
5.00	0.104	0.454	0.138	0.550	0.156	0.104	0.500
6.00	0.125	0.545	0.166	0.666	0.187	0.125	0.600
7.00	0.146	0.636	0.194	0.777	0.218	0.146	0.700
8.00	0.166	0.727	0.222	0.888	0.250	0.166	0.800
9.00	0.187	0.818	0.250	1.000	0.281	0.187	0.900
10.00	0.207	0.909	0.277	1.111	0.312	0.207	1.000
11.00	0.228	1.000	0.305	1.222	0.343	0.228	1.100
12.00	0.250	1.090	0.333	1.333	0.375	0.250	1.200
13.00	0.270	1.181	0.361	1.444	0.406	0.270	1.300
14.00	0.291	1.273	0.389	1.555	0.437	0.291	1.400
15.00	0.312	1.363	0.416	1.666	0.468	0.312	1.500
16.00	0.333	1.454	0.444	1.777	0.500	0.333	1.600
17.00	0.353	1.545	0.472	1.888	0.531	0.353	1.700
18.00	0.374	1.636	0.500	2.000	0.562	0.374	1.800

Seguito del Prospetto delle differenti grossezze che bisogna dare alle Volte curve in piena centina, ed ai loro pié diritti, in ragione del loro diametro e del modo con cui esse sono extradossate.

VOLTE EXTRADOSSATE.							
Diametro e corda della volta.	Interamente a livello		Metà a livello e metà di eguale grossezza		Metà a livello e metà d'ineguale grossezza		
	della volta alla chiave.	dei piú diritti.	della volta alla chiave.	dei piú diritti.	al mezzo della spalla.	della volta alla chiave.	dei piú diritti.
m.							
19.00	0.395	1.727	0.528	2.138	0.604	0.401	4.925
20.00	0.416	1.818	0.556	2.222	0.625	0.416	2.000
21.00	0.437	1.909	0.583	2.333	0.646	0.437	2.100
22.00	0.458	2.000	0.611	2.444	0.687	0.458	2.200
23.00	0.478	2.090	0.638	2.555	0.718	0.479	2.300
24.00	0.499	2.181	0.666	2.666	0.750	0.499	2.400
24.25	0.505	2.204	0.673	2.694	0.757	0.505	2.425
24.50	0.510	2.227	0.680	2.722	0.765	0.510	2.450
24.75	0.515	2.250	0.687	2.750	0.773	0.515	2.475
25.25	0.526	2.295	0.701	2.806	0.789	0.536	2.525
25.50	0.531	2.318	0.705	2.833	0.796	0.531	2.550
25.75	0.536	2.372	0.694	2.777	0.781	0.520	2.500
26.00	0.541	2.363	0.722	2.888	0.812	0.541	2.600
27.00	0.562	2.454	0.750	3.000	0.843	0.562	2.700
28.00	0.583	2.545	0.777	3.111	0.875	0.583	2.800
29.00	0.604	2.636	0.805	3.222	0.906	0.604	2.900
30.00	0.624	2.727	0.833	3.333	0.937	0.624	3.000
31.00	0.645	2.818	0.861	3.444	0.968	0.645	3.100
32.00	0.666	2.909	0.888	3.555	1.000	0.666	3.200
33.00	0.687	3.000	0.916	3.666	1.031	0.687	3.300
34.00	0.708	3.090	0.944	3.777	1.062	0.708	3.400
35.00	0.729	3.181	0.972	3.888	1.093	0.729	3.500
36.00	0.750	3.272	1.000	4.000	1.125	0.750	3.600
37.00	0.770	3.363	1.027	4.111	1.156	0.770	3.700
38.00	0.792	3.454	1.055	4.222	1.187	0.792	3.800
39.00	0.812	3.545	1.083	4.333	1.218	0.812	3.900
40.00	0.833	3.636	1.111	4.444	1.250	0.833	4.000
41.00	0.854	3.727	1.138	4.555	1.281	0.854	4.100
42.00	0.874	3.818	1.166	4.666	1.312	0.874	4.200
43.00	0.894	3.909	1.194	4.777	1.343	0.894	4.300
44.00	0.914	4.000	1.220	4.888	1.374	0.914	4.400
45.00	0.934	4.090	1.248	4.999	1.405	0.934	4.500
46.00	0.954	4.181	1.276	5.000	1.436	0.954	4.600
47.00	0.974	4.272	1.302	5.111	1.467	0.974	4.700
48.00	0.994	4.363	1.328	5.222	1.498	0.994	4.800
49.00	1.014	4.454	1.354	5.333	1.529	1.014	4.900
50.00	1.034	4.545	1.380	5.444	1.560	1.034	5.000

Dei grandi ponti in pietra.

La costruzione dei ponti in pietra rimonta ad epoche remotissime. Esponendo in proposito quel poco che è compatibile con la natura delle nostre esercitazioni, osserveremo che principalmente distinguonsi tre sorte di archi: quelli in piena centina, quelli a manico di paniere e quelli a porzione di cerchio. La piena centina è una mezza circonferenza di cerchio: questi archi presentano una gran solidità, sono assai graziosi, ed è in generale stata di preferenza impiegata questa curva per tutti i grandi ponti che coronano i fiumi della Francia, come sarebbero quello di Aiguillon, d'Agen e di Moissac.

Gli archi a manico di paniere sono quelli con la centina a mezzo ovale, oppure conformata a guisa di ellisse avente diametri molto differenti fra loro. Siccome resulterebbe cosa ardua, se si dovessero descrivere con esattezza geometrica queste curve quasi sempre diverse fra loro, così dovendo in questo luogo farne cenno, si è avuto ricorso all'espressione generica surriferita. Il ponte d'Orleans sulla Loira, quello di S. Trinita a Firenze sono di questo genere. Il primo ha 9 archi; l'arco di mezzo ha una corda di 32^m,48 e le impostature della curva sono stabilite a 0,325 al disopra delle basse acque. Il secondo ha tre archi; la corda di quello di mezzo è 32^m,50 e le sue impostature sono stabilite distanti circa due metri dalle basse acque.

Gli archi a porzione di cerchio presentano tre casi differenti: il primo è quello in cui le impostature sono al disotto delle basse acque come il ponte di S. Spirito e l'antico ponte di Avignone. Questi archi hanno il disvantaggio di confronto a quelli a manico di paniere, di offrire alle acque uno sbocco minore al momento delle inondazioni, come quello di occasionare dei ripieni molto voluminosi che pesano enormemente sulle arcate e sulle pigne. Per ovviare al primo difetto, furono qualche volta praticate nei timpani, delle aperture per dare passaggio alle acque in tempo di piena. E fu altresì minorato in parte il secondo, in alcuni casi, elevando le impostature degli archi al-

l'altezza media delle acque del fiume, siccome vedesi praticato nel magnifico ponte di Bordeaux. Il terzo caso è quello in cui le impostature sono elevate sulle pile, presso a poco all'altezza delle inondazioni medie essendo per lo più le curve di un solo centro ma minori del semicerchio, come vedesi nel ponte della Scuola militare a Parigi, e negli altri a Firenze, uno detto il ponte degli Orefici o ponte Vecchio, e l'altro detto il ponte alla Carraia. Il ponte Vecchio ha tre archi con le impostature distanti dalle basse acque circa 4^m,00 e quello alla Carraia ha cinque archi con le impostature distanti dalle basse acque circa 4^m,20.

Passa come il maggiore arco di ponte conosciuto, quello costruito da Michelangiolo, che ha una corda di 42^m,23, non avendo la sua volta alla chiave che l'altezza di 4^m,62.

Prospetto della minor grossezza delle volte, a porzione di cerchio, ovali, ed ellittiche presa al mezzo della chiave.

CORDA degli archi.	ARCATE dei posti.	VOLTE medie.	VOLTE leggere.	CORDA degli archi.	ARCATE dei posti.	VOLTE medie.	VOLTE leggere.
m.	m. c.	m. c.	m. c.	m.	m. c.	m. c.	m. c.
1	0.44	0.22	0.11	26	1.44	0.72	0.36
2	0.48	0.24	0.12	27	1.48	0.74	0.37
3	0.52	0.26	0.13	28	1.52	0.76	0.38
4	0.56	0.28	0.14	29	1.56	0.78	0.39
5	0.60	0.30	0.15	30	1.60	0.80	0.40
6	0.64	0.32	0.16	31	1.64	0.82	0.41
7	0.68	0.34	0.17	32	1.68	0.84	0.42
8	0.72	0.36	0.18	33	1.72	0.86	0.43
9	0.76	0.38	0.19	34	1.76	0.88	0.44
10	0.80	0.40	0.20	35	1.80	0.90	0.45
11	0.84	0.42	0.21	36	1.84	0.92	0.46
12	0.88	0.44	0.22	37	1.88	0.94	0.47
13	0.92	0.46	0.23	38	1.92	0.96	0.48
14	0.96	0.48	0.24	39	1.96	0.98	0.49
15	1.00	0.50	0.25	40	2.00	1.00	0.50
16	1.04	0.52	0.26	41	2.04	1.02	0.51
17	1.08	0.54	0.27	42	2.08	1.04	0.52
18	1.12	0.56	0.28	43	2.12	1.06	0.53
19	1.16	0.58	0.29	44	2.16	1.08	0.54
20	1.20	0.60	0.30	45	2.20	1.10	0.55
21	1.24	0.62	0.31	46	2.24	1.12	0.56
22	1.28	0.64	0.32	47	2.28	1.14	0.57
23	1.32	0.66	0.33	48	2.32	1.16	0.58
24	1.36	0.68	0.34	49	2.36	1.18	0.59
25	1.40	0.70	0.35	50	2.40	1.20	0.60

CAPITOLO XII.

FONDAZIONI DEGLI EDIFICII.

Nell'arte di costruire devono le fondazioni essere riguardate come la parte di prima importanza poichè servono di base. Dipende unicamente dal modo col quale viene assicurata la solidità delle medesime, la robustezza e la durata secolare degli edificii. Le imprevidenze o le negligenze nell'accertarsi della loro stabilità, conducono a conseguenze spesso volte irrimediabili. La solidità delle fondazioni deve essere sempre più che si può superiore al peso della mole che vi deve riposare, perchè non è raro che la speranza di un utile maggiore spinga in specie i possessori delle case, a sopraccaricare le fabbriche già costruite, sottoponendo le fondazioni ad uno sforzo superiore a quello previsto nella primitiva costruzione. Infatti molte case delle città principali ora ridotte a 4, 5 ed anche 6 piani, non erano tanto elevate nei primitivi tempi della loro edificazione, e molte sussistono più per il reciproco rinfianco dell'una con l'altra, che per competente resistenza che loro venga dalle fondazioni. Ecco che una scossa di terremoto produce in questa situazione di cose dei danni tre o quattro volte maggiori di quanto sarebbe avvenuto se le case fossero state in origine ben fondate.

Per ottenere delle robuste costruzioni deve l'architetto scandagliare con la tanta i diversi punti sui quali ha da riposare

l'edifizio. Tutti questi scandagli sono necessari anche per l'oggetto di stabilire la valutazione degli scavi da praticarsi, quali risultano più o meno costosi in ragione della resistenza e della densità dei diversi strati del suolo. Ma in primo luogo, servono efficacemente a palesare se il suolo è solido e se esso conserva la stessa natura per tutta l'estensione del fabbricato, perchè spesso è soggetto a cambiare a brevissime distanze. Gli strati che formano il suolo più resistente sono quelli che non sono compressibili: tali sono i massetti, i galestri compatti, i tufi, e le terre tenaci asciutte e vergini, cioè non mai remosse, quali diconsi comunemente panconi. I cattivi terreni al contrario sono quelli suscettibili di affossamento sotto un qualche peso, siccome le terre leggiere, umide, paludose, limacciose o torbosc. I terreni non fermi e quelli infiltrati di acque sono reputati i peggiori.

Le fondazioni sopra i buoni terreni, devono farsi, dopo essersi assicurati che non sono compressibili, da un terzo a due terzi più larghe dei muri che devono sopportare; esse si formano comunemente con abbondanti gettate di buono smalto nel quale si affogano e comprimonsi col martello dei blocchi di pietre, quali contribuiscono alla solidità ed all'economia del cemento purchè venghino disposte con precauzione in posizione pianeggiante, e battute fortemente nello smalto acciò non rimanghino sotto le medesime delle fognature e dei vaqui che resulterebbero contrarie alla stabilità.

Le fondazioni sullo scoglio sono le migliori purchè la scogliera che serve di letto sia pianeggiante, o disposta a scaglioni con la pedata leggermente a pendio verso lo scaglione antecedente, evitando sempre i piani inclinati dal lato dell'angolo rientrante.

Le fondazioni sui cattivi terreni, (dopo essersi accertati con la tenta dell'inutilità di affondare maggiormente per rintracciare un suolo più compatto), devono praticarsi mediante la infissione di paloni di quercia fortemente battuti a mazza ferrata o con la berta, disponendovi sopra intavolati di robusto legname fermato alle testate dei pali con lunghi chiodi. I paloni infissi saranno fra loro a più brevi distanze, quanto più il terreno è

cattivo, poichè i fori fatti a forza di colpi dai medesimi, costringono la terra a consolidarsi e raccorsi in massa più compatta. Inoltre tutto il sistema di legname sopravvertito, gravita il terreno uniformemente in senso verticale, e lo costringe ad acquistare un sufficiente grado di solidità e di resistenza ancora con l'adesione a cui è ristretto intorno ai paloni per tutta la loro lunghezza.

Si possono pure stabilire le fondazioni sui piloni di un arco di cerchio rovesciato: in questo sistema, dopo avere scavato il terreno come se fosse la forma dell'arco rovesciato, si va riempiendo questa, con grandi gittate di smalto tutte preparate al tempo stesso, e così ottiensì prontamente un sistema di costruzione sotterranea che riporta la pressione delle due parti ad incontrarsi al centro della curva, appunto come la pressione al centro di un arco viene distribuita verso la direzione dei piè diritti. Questo sistema fu praticato al ponte di Cussac per i due cusciali ed arcate di scarico.

Al canale della Teste, furono stabilite delle cateratte sopra una sabbia mobilissima senza che ne sia risultato in seguito movimento alcuno alle costruzioni.

In questi due ultimi casi è essenziale di dare alle fondazioni una gran larghezza, due o tre volte la larghezza dei muri, secondo il grado di compressibilità del fondo, e potrebbe essere non mal pensato di formare una cinta continuata di palancati affinchè le terre che formano la base delle costruzioni non sbruzzassero al di fuori, come è succeduto per la diga del ponte di Cubzac e per i grandi rinterrì del torrente di Meudon, strada ferrata da Parigi a Versailles.

La maggior parte dei cedimenti che succedono nelle grandi fabbriche, derivano per lo più dal non avere i fondamenti uno strato sufficientemente esteso; allora per la lor troppo ristretta base le terre cedono sotto le costruzioni, occasionando dei cretti e degli strapiombi che quasi mai sono suscettibili di essere affatto eliminati.

Quando le fondazioni sono praticate sopra un terreno che inspira dei timori per l'avvenire, deve essere bene scandagliato il peso che ogni metro quadro dovrà sopportare; quando l'edi-

fizio sarà costruito, e procurare ad ogni modo di ottenere una resistenza molto superiore al carico stesso.

Per potere formare degli utili criterii su tal proposito, occorre fissare l'attenzione sul prospetto che passiamo a riportare, quale tende a stabilire la forza dell'urto di un corpo che cade da differenti altezze. Esso è tolto dall'opera di Rondelet ed esprime i risultati di diverse esperienze, che sono state fatte a questo oggetto e col mezzo del dinamometro inventato da M. Grenier. La compressione delle terre che devono servire di letto alle fondazioni è sempre utile, purchè queste terre sieno suscettibili di essere compresse. Non sono suscettibili di essere compresse, perchè piuttosto si dislocano, le terre ove predomina in gran quantità la sabbia silicea, ed in generale tutte le terre sciolte disgregate ed incoerenti.

..

Prospetto che indica le differenti alttezze dalle quali un corpo deve cadere, perchè in forza dell'urto formi una progressione aritmetica della quale la differenza sia eguale al peso di questo corpo.

La colonna A indica la progressione naturale dei numeri che danno la forza dell'urto, moltiplicando il peso del corpo per ciascuno dei suoi termini.											
La colonna B indica i quadrati dei numeri della colonna precedente, quali esprimono secondo la teoria, gli spazi percorsi, prendendo per unità il valore della linea ridotta in millimetri a eguale a 0m.0022558310.											
La colonna C indica lo spazio trovato per l'esperienza perchè la forza dell'urto aumenti in ragione dei numeri indicati dalla colonna A.											
La colonna D esprime la forza dell'urto di una palla di ferro pesante. 4650 gr.											
La colonna E id. id. id. 3060											
La colonna F id. id. id. 1480											
A progr. natu- rale.	B millim. e centim.	C millim. e centim.	D Kilogr. e grammi.	E Kilogr. e grammi.	F Kilogr. e gram.	A progr. natu- rale.	B millim. e centim.	C millim. e centim.	D Kilogr. e grammi.	E Kilogr. e grammi.	F Kilogr. e grammi.
1	2.25	2.25	4.65	3.06	1.84	34	2607.74	2866.94	158.10	104.04	60.56
2	9.02	9.46	9.30	6.12	3.66	35	2663.39	3038.18	162.75	107.10	64.40
3	20.31	21.61	13.95	9.18	5.52	36	2923.36	3214.37	167.40	110.16	66.24
4	36.10	38.80	18.60	12.24	7.36	37	3081.03	3395.93	172.05	113.22	68.08
5	56.39	60.90	23.25	15.30	9.20	38	3257.42	3582.26	176.70	116.28	69.92
6	81.21	87.97	27.90	18.36	11.04	39	3431.13	3772.90	181.35	119.34	71.76
7	110.53	120.23	32.55	21.42	12.88	40	3609.33	3969.82	186.00	122.40	73.60
8	144.37	157.24	37.20	24.48	14.72	41	3792.05	4171.03	190.65	125.46	75.44
9	182.73	198.98	41.85	27.54	16.56	42	3977.29	4377.42	195.30	128.52	77.28
10	225.58	246.33	46.50	30.60	18.40	43	4171.03	4588.36	199.94	131.58	79.12
11	272.95	298.22	51.15	33.66	20.24	44	4367.29	4804.47	204.60	134.64	80.96
12	324.84	355.28	55.80	36.72	22.08	45	4568.07	5026.35	209.25	137.70	82.80
13	381.23	417.10	60.45	39.78	23.92	46	4773.34	5251.35	213.90	140.76	84.64
14	442.14	484.10	65.10	42.84	25.76	47	4983.13	5482.39	218.55	143.82	86.48
15	507.57	556.05	69.75	45.90	27.60	48	5193.44	5718.35	223.20	146.88	88.32
16	577.49	632.75	74.40	48.98	29.44	49	5416.25	5959.91	227.85	149.94	90.16
17	651.93	714.64	79.05	52.02	31.28	50	5639.58	6205.58	232.50	153.00	92.00
18	730.81	801.50	83.70	55.08	33.12	51	5867.43	6455.99	237.15	156.06	93.84
19	814.35	893.31	88.35	58.14	34.96	52	6099.77	6711.89	241.80	159.12	95.68
20	901.33	990.00	93.00	61.20	36.80	53	6336.63	6973.69	246.55	162.18	97.52
21	994.83	1091.82	97.65	64.26	38.64	54	6578.01	7239.42	251.10	165.24	99.36
22	1091.81	1198.51	102.30	67.32	40.48	55	6823.89	7510.34	255.75	168.30	101.20
23	1193.33	1310.18	106.95	70.38	42.32	56	7074.22	7786.24	260.40	171.36	103.04
24	1291.36	1426.81	111.60	73.44	44.16	57	7329.24	8066.86	265.05	174.42	104.88
25	1409.79	1548.62	116.25	76.50	46.00	58	7588.62	8352.47	269.70	177.48	106.72
26	1524.94	1678.98	120.90	79.50	47.84	59	7852.55	8642.84	274.35	180.54	108.56
27	1634.31	1806.50	125.55	82.62	49.68	60	8120.80	8938.99	279.00	183.60	110.40
28	1768.37	1942.98	130.20	85.68	51.52	61	8393.15	9239.89	283.65	186.66	112.24
29	1896.95	2084.44	134.85	88.74	53.36	62	8671.02	9545.36	288.30	189.72	114.08
30	2029.95	2230.84	139.50	91.80	55.20	63	8932.90	9856.18	292.95	192.78	116.02
31	2165.20	2382.41	144.15	94.86	57.04	64	9239.89	10171.78	297.60	195.84	118.56
32	2304.77	2538.97	148.80	97.92	58.88	65	9530.69	10492.56	302.25	198.90	120.70
33	2456.41	2600.69	153.45	100.98	60.72	66	9826.41	10817.85	306.90	201.96	121.54

Ponghiamo un esempio per l'uso di questo prospetto.

Se si dica P il peso del corpo, E lo sforzo indicato nella colonna A , e x lo sforzo totale, avremo l'equazione: $x = P \times E$.

Ciò stabilito, vediamo qual sarà lo sforzo prodotto da una berta di 150 kilog. elevata a tre metri di altezza (o 3000 millimetri)? Io cerco nella colonna B il numero o i due numeri che più si avvicinano a quello voluto, e trovo 2923,36 corrispondente a 36 della colonna A ed immediatamente al disotto 3088,03 che ha 37 di fronte alla colonna A . Di maniera che lo sforzo totale sarà $36m,50 \times 150 = 5475$ kilog.; e se la superficie di testata della berta è di $0m,05$ occorreranno venti colpi per metro quadrato, ed avremo per la compressione esercitata sulla detta superficie $5475 \text{ kil.} \times 20 = 109,500 \text{ kil.}$

Fondazioni sotto l'acqua.

Se deve operarsi sopra un fondo melmoso o limaccioso, addiviene essenziale di praticare una cinta di paloni posti fra loro a contatto, quali devono battersi fino a che rifiutino di internarsi, cioè che sotto l'urto di una berta di 300 kilog. ripetuto per cinque volte, non abbassino nemmeno $0m,05$. Per esempio allorchè si tratta di eseguire sotto l'acqua le fondazioni di un gran ponte, dopo aver battuti i paloni destinati a formare in fitto ordine, il circuito del cosciali e delle pigne, dopo avere colate delle rocce attorno la detta cinta di paloni posti a tangenza, ed infine dopo aver collegato il tutto insieme, per mantenere il materiale nella posizione assegnatale, si procede all'operazione dello sgombramento del limo, quale operasi caricando sopra dei battelli lo spurgo dei perimetri circondati, col mezzo dello opportune cucehiaie, e scaricando immediatamente le materie all'esterno con quella maggiore prontezza ed economia che una pratica esperienza potrà suggerire. La detta operazione costa in generale in Francia, da 60 a 75 centimetri il metro cubo trasportato a terra, o da 30 a 40 centesimi similmente per ogni metro cubo rigettato immediatamente nell'acqua. Si pulisce, se ciò è possibile, fino al terreno solido e resistente; quando ciò non possa conseguirsi pienamente, si battono dei

paloni spozieggianti di 0m,66 d'asse in asse, ed alternati in modo da formare tanti triangoli equilateri consecutivi, occupando tutto lo spazio circoscritto dalle palizzate di cinta. Dopo aver ridotti tutti questi pali allo stesso piano, superiore due o tre metri dal fondo dello scavo, ed eseguito ciò con la sega girante immaginata a tale effetto, si getta nel recinto tanto smalto quanto sia sufficiente per livellare precisamente con la testata dei pali del circuito. Compiute tutte queste operazioni, per procedere all'esecuzione del muramento, si colloca sopra il perimetro consolidato un cassone di legname di dimensioni alquanto maggiori del muramento che deve eseguirsi. Appena stabilito il detto cassone in posizione normale, e fermato alla palizzata del circuito, per mezzo di funi e puleggio di ritorno in modo che rimanga galleggiante, ma nella situazione precisa nella quale deve farsi la costruzione, si procede a murarvi dentro, ed a misura che la costruzione aumenta, il cassone maggiormente si affonda. Nel tempo stesso che nell'interno si procede ad aumentare il muramento, sono appostati diversi uomini sulle barche all'esterno per mantenere col mezzo di corde tutta la mole in posizione normale, fintanto che faccia fondo e pervenga a posarsi sullo smalto. Nel costruire il muramento deve aversi cura di formare una trentina di fori simetricamente disposti, e ciò ottiensi interponendo nella costruzione altrettanti paletti di legname, rotondi, un poco conici o situati con il diametro minore in basso. Dopo che il cassone riposa completamente sulla platea, e che i filari delle pietre hanno conseguita un'altezza superiore al livello dell'acqua, tolgonsi i paletti sopra indicati e dai buchi risultanti, si fora il fondo del cassone, e si fa colare da questi, del latte di calcina idraulica, che è destinato ad infiltrarsi fra il fondo del cassone e lo smalto delle fondazioni, ed a riempire tutti quei vuoti che possono esservi. Ultimata questa operazione si continuano le costruzioni, dopo avere otturati i detti fori, con muramento ordinario, e contemporaneamente procedersi a smontare le pareti laterali del cassone per riadattarle ad un altro lavoro simile, giacchè come vedesi non rimane a ciascuna pigna o coscialo fra lo smalto ed il muramento che il solo fondo del cassone.

Un cassone si costruisce con le medesime precauzioni che una barca a giunture squadrate, e calafatata. Esso deve essere perfettamente impermeabile all'acqua. La sua lunghezza sarà di 20 metri e la larghezza 8 metri, quandochè debba servire per una pila lunga 47 metri e larga 5 metri; l'altezza sarà tre metri o più, secondo la profondità del fiume. Il fondo sarà a giunture calettate, ed attentamente calafatate come le parti laterali, quali saranno intelaiate da tavolati fissabili al fondo per mezzo di un sistema di lungho chiavardo che si svitano d'alto all'oggetto di poter facilmente smontare le pareti laterali del cassone. (Vedansi le fig. 1, 2, 3 della Tav. VII.)

Se al contrario si trova un fondo di rena, se ne scandaglia con la tenta la grossezza fino al tufo, ed allorchè questo strato di sabbia è considerabile, si getta una forte massa di pietrami sui perimetri di fondazione delle pigne e dei cosciali che saranno antecedentemente tracciati con delle file di palizzate poste e battute in modo alterno. Queste masse di pietrami saranno disposte all'altezza di due metri al disopra delle spianate. Allorchè le acque saranno sufficientemente basse per gettare i fondamenti, si regolarizzerà la spianata dei detti pietrami riducendola all'altezza a cui dovranno moversi le fondazioni e quindi vi si spargerà sopra uno strato di smalto quale colando nelle fognature dei pietrami produrrà un assieme solido e compatto.

A misura che le costruzioni delle pigne e dei cosciali si eleveranno sullo strato di smalto diligentemente spianato e reso regolare, avrassi cura di mantenere i blocchi di pietrame che circondano le pile ed i cosciali per la larghezza di due o tre metri costantemente elevati, operandovi frequenti ricarichi. Questi getti di blocchi e pietrami sono destinati nel sopraggiungere delle inondazioni a rimpiazzare per propria gravità le sabbie che fossero rimosse e scavate dalla corrente al piede delle pigne e dei cosciali. Si procurerà di mantenere questi pietrami alla medesima altezza per più anni, operandovi dei successivi ricarichi a misura che verranno abbassandosi. Con questo sistema di fondazione furono in generale consolidati moltissimi ponti sospesi, ed ancora diversi dei ponti fissi che traversano i fiumi della Francia.

Generalmente parlando, non importa se la natura del terreno al disotto delle acque sia di una qualità o di un'altra; si può sempre basare con sicurezza ogni sorte di opere murarie sulle dette platee di pietrami purchè si preparino abbondanti e senza economia, e che si disponghino in larghi recinti di palizzate formate con paloni battuti a contatto fra loro e ricalzate all'esterno con grossi blocchi di pietre. Le platee dei pietrami dovranno farsi sempre di un'area superficiale, sufficiente ad ottenere delle larghissime riseghe intorno all'opera muraria, che vuolsi costruire. Occorre particolarmente aver cura di assicurarsi che i blocchi risultino collocati in posizione normale, evitando quanto è possibile le giaciture irregolari e le fognature che resulterebbero situando i massi in posizione obliqua o giacenti per punta, mentre in tal guisa lasciandoli potrebbero più facilmente le correnti insinuarsi nei vaqui scavando gli strati delle sabbie sottoposte ai medesimi. Il detto sistema di fondazione è molto economico e solido per i muri delle spiagge, e per le scogliere artificiali sulle ripe dei fiumi e su tutti quei punti ove occorre frenare l'impeto delle correnti. Si rammenta che allorquando si tratta di stabilire le fondazioni in un suolo limaccioso ed incerto, sarà sempre utile di collegare le testate dei paloni con un sistema di intravature orizzontali, ponendo così le opere al coperto dai gravi danni che potrebbero arrecarle o parzialmente o su tutta la massa l'impeto delle correnti.

Traccia sul terreno delle opere d'arte.

Non sarà mai soverchia l'attenzione impiegata nel tracciare le opere d'arte sulle località. Il più piccolo errore negli allineamenti, la più piccola imperfezione negli strumenti di cui ci serviamo possono produrre delle grandi alterazioni nell'esattezza e regolarità dei perimetri come nella disposizione generale dell'assieme. Un intelligente direttore non deve determinarsi a fare eseguire le costruzioni fintantochè non siasi assicurato con due o tre operazioni geometriche verificantesi l'una con l'altra che tutti i punti e tutte le direzioni sono esatte.

I grandi ponti ed altre analoghe costruzioni devono sempre,

per quanto è possibile, stabilirsi a squadra sopra i corsi d'acque che traversano. Devonsi in primo luogo stabilire e fissare in modo solido ed irremovibile i punti che determinano i cateti o gli assi dei perimetri che formano la base dei solidi da costruirsi. È a questi cateti che si rapportano tutte le operazioni geometriche destinate a guidare le costruzioni. Devesi prendere in osservazione lo stato antecedente delle diverse altezze a cui giungono le acque, per potere determinare effettivamente le costruzioni a quelle precise posizioni che furono prescritte nella compilazione del progetto, e devonsi praticare le opportune livellazioni per esser certi di stabilire tutti gli strati delle pietre di filaretto a perfetta giacitura orizzontale. È sopra tutto essenziale di non agire con precipitazione in questa sorte di operazioni, e di non far costruire fintantochè tutti i punti sieno esattamente conformati al progetto, poichè niente è più deplorabile che di essere obbligati a demolire un lavoro male tracciato. Queste false manovre compromettono la reputazione del direttore dei lavori e producono una spesa ed una perdita di tempo affatto sprecate; ed è per questo che in generale non si suole mai transigere di fronto a simili inconvenienti. Spesso alcuni capi maestri costruttori reputano inutile l'opera dell'ingegnere e promettono di ottenere con le risorse della pratica, degli ordinamenti migliori di quelli che sarebbero risultati dall'applicazione delle teorie. Di qui la causa di tanti muramenti irregolari, disposti senza decoro e senza convenienza, e che possono qualificarsi per veri aborti d'arte. Concediamo che possa incontrarsi un capo maestro d'arte, di maggior capacità di un ingegnere: ma questo non deriva perchè, logicamente ciò possa sussistere; È soltanto perchè quell'individuo ha potuto impunemente spacciarsi per ingegnere senza esserlo.

CAPITOLO XIII.

STUDI D'APPARECCHI IN PIETRA DA TAGLIO.

Della stabilità.

Devonsi riguardare le costruzioni, astrazion fatta dal cemento che lega fra loro le pietre da taglio, siccome un' assieme di corpi solidi che si mantengono in resistenza per proprietà delle loro forme e delle loro posizioni a tutti gli sforzi combinati che risultano dalla gravità.

La gravità è la forza costante di tutti i corpi con la quale tendono a cadere allorchè non sono ritenuti da veruno ostacolo. Nei corpi di differente specie, il peso è sempre proporzionale alla quantità di materia riunita in un medesimo volume, cioè a dire che quelli di cui le parti sono più ravvicinate e più compatte pesano di più; un decimetro cubo di ferro pesa più di un decimetro cubo di legno.

Della direzione del peso.

Un corpo qualunque sospeso per un filo, lo tende in una direzione verticale: e questo è il filo a piombo, cioè la perpendicolare all'orizzonte. Ciò succede per causa del principio d'attrazione che tutti i corpi cadendo, hanno verso il centro della terra.

Del centro di gravità.

Il centro di gravità di un corpo sospeso, trovasi nella direzione del filo che lo mantiene normalmente: ciò succede in pari modo per i corpi in riposo; il loro centro di gravità trovasi sempre nella direzione di una normale che pone tutto il peso di questo corpo in equilibrio con l'orizzonte: quindi un corpo pesante, non importa la sua forma, potrebbe mantenersi sopra un punto o sopra un sol punto di superficie, purchè questo punto di sostegno passi per la verticale designata dal filo che sostiene questo corpo, ossia per il centro di gravità.

**Posizione e forma da dare alle pietre da taglio
per i piè dritti.**

Tutti i corpi dotati di peso, abbandonati alla loro impulsione, discendono per una direzione verticale o d'appiombo. È incontestabile che essi non potrebbero essere perfettamente sostenuti che sopra un piano orizzontale o di livello. Da questo principio si deduce che la forma che meglio conviene alle pietre da taglio per costruire i muri o i piè dritti, deve essere quella di un parallelepipedo o prisma a piombo, cioè quella di un solido rettangolare collocato sopra un piano orizzontale. Queste pietre così posate le une sulle altre, a giunture tagliate verticalmente ed a strati a livello, dirigeranno tutto lo sforzo del loro peso verso la base, consolidandosi in modo che la pressione di ciascuna pietra su quella sottoposta aumenterà la solidità di tutte quelle inferiori in maniera, che se esse sono bene collocate, presenteranno altrettanta di consistenza, come se fossero di un sol blocco.

Essendo l'effetto della gravità che unisce le pietre, è certo che più esse saranno grandi più sarà la loro solidità. Ma è essenziale che tutti i loro letti o giunture sieno bene addizate e perfettamente disposte ad angoli retti affinchè esse possano

rimanere posate in giusta-posizione, e che le superfici dei letti e delle giunture rimanghino naturalmente a contatto su tutti i punti; poichè più esse sono di maggior lunghezza, più sono suscettibili di rompersi per causa del loro posare in falso. L'effetto che occasiona la rottura di una pietra posante in falso, si è quello dello spostamento di tutti gli strati superiori, quale sovente produce dei danni irreparabili.

Nella distribuzione degli strati, i letti e le giunture devono essere sempre perpendicolari alle superfici; così nella costruzione dei muri a sostegno delle terre, inclinati di 40, 45 o 20 gradi, i letti dei filari dovranno essere sempre perpendicolari alle superfici di questi muri e questa disposizione aggiungerà resistenza contro la spinta delle terre, il di cui sforzo succede orizzontalmente e tende a fare scivolare le pietre sui loro letti, allorchè esse sono disposto con i piani di contatto paralleli all'orizzonte, mentre al contrario lo sforzo si dirige contro la massa del muro, che è in attitudine di formare resistenza con tutto l'assieme, giacchè le sezioni degli strati per causa della loro obliquità, ricevono la pressione orizzontale delle terre in una direzione che diverge dalla orizzontale.

Avanti di procedere alla costruzione sarà necessario assicurarsi se tutte le pietre sono esattamente tangenti in tutti i punti, contro una squadra che le si porrà a contatto. Le superfici dei letti e delle giunture dovranno essere acconciate a scarpello, e non levigate, come pure presso i canti che confinano con la superficie di paramento, dovranno essere leggermente dimagrate; e tutto ciò perchè un rigoroso contatto degli spigoli non resulti dannoso al total posare delle pietre fra loro, e perchè i vuoti e le ineguaglianze prodotte dalla picchiatura dello scarpello, facilitino l'aderenza del cemento nei letti e nelle giunture, ed avvantaggino le condizioni di solidità della massa.

Per ottenere delle costruzioni che soddisfino a tutte le condizioni necessarie alla solidità e alla durata, non basta che i letti e le giunture sieno bene sistemate; bisogna ancora che il muramento sia fatto con arte e sopra un buon bagno di cemento. Ecco come si procede alla muratura: si spiana a perfetto li-

vello il letto o la superficie sulla quale le pietre devono essere posate; queste una per una si presentano al posto dove devono essere murate per verificare con il filo a piombo e con la squadra se il letto, le giunture ed il paramento sono disposti siccome conviene. Si solleva dopo ciò la pietra, e dopo aver ben pulito, e gettata dell'acqua nel posto che essa deve occupare, vi si stenderà del cemento fino, e si presenterà la pietra posandola sopra delle piccole calzature di circa 0^m,015 ed incastRANDO altro cemento a profusione fra il letto la pietra e la giuntura laterale; si toglieranno le calzature e si percuoterà la pietra medesima con una piana di legname, spingendola su tutti i punti ad aderire con il letto, fintantochè la grossezza del cemento sia ridotta a 0^m,005 e che la pietra sia collocata nella conveniente situazione di appiombo e di livello.

Se poi la parete da costruirsi è destinata a stare sott'acqua, oppure deve essere a tenuta, allora il cemento dovrà essere idraulico e contenere della pozzolana o della polvere di tegolame spenta con calce idraulica.

Dopo la muratura di uno strato di pietre da taglio si procede allo spianamento e regolarizzazione del letto che deve ricevere lo strato consecutivo, e quindi alla prosecuzione della muratura dello strato susseguente. Se la lunghezza delle pietre non sia uniforme ma irregolare, si avrà cura che le congiunzioni dello strato superiore cadino possibilmente verso la metà di quelle dello strato sottoposto, e non mai facciano due strati una stessa linea di congiunzione.

Dell'apparecchio.

Si distingue nell'arte di costruire, due sorte di apparecchi: l'apparecchio regolare consiste nelle divisioni e combinazioni delle pietre aventi tutte delle dimensioni regolari ed eguali in ciascun filare, in modo che tutti i filari sono simili alternativamente; cioè a dire, che le dimensioni delle pietre del primo filare sono le medesime che quello del terzo, e così di seguito,

e che quelle del secondo sono le stesse che quelle del quarto e così di seguito, per filari pari ed impari. Questo apparecchio è in generale formato in paramento, da rettangoli lunghi un metro ed alti 0^m,50, e da quadrati di lato 0^m,50 quali si dispongono alternativamente nei filari in modo simmetrico. I rettangoli sogliono avere la grossezza di 0^m,60 ed i quadrati quella maggiore di un metro, servendo questi ultimi ad ammorsare efficacemente le interne costruzioni. Quest'apparecchio è quello che offre la maggior garanzia di solidità e di durata agli edificii grandiosi, ed anche adottasi a preferenza per i grandi ponti in pietra.

L'apparecchio incerto o irregolare può presentare la medesima solidità, ma impressiona l'osservatore dello spirito di economia che ha influenzate le costruzioni. Le pietre d'angolo, in questi apparecchi sono sempre regolari per filari di pari e d'impari, ma le pietre che impiegansi per continuare i filari delle pareti, non hanno lunghezze uniformi o simmetriche, ma si deve aver cura che le giunture, che dovranno sempre essere verticali, non cadano in due filari sovrapposti nello stesso allineamento.

Adottasi ancora un altro sistema che dicesi di piccolo apparecchio regolare, del quale l'uso è frequentissimo; esso presenta molta economia in confronto di quelli già indicati, ed offre lo stesso grado di solidità e di durata. Le pietre d'angolo sono sempre di grande apparecchio e le pietre delle pareti sono spesso la metà di quelle d'angolo, talchè due filari ritestano una pietra d'angolo. I quadrati in paramento sono 0^m,25 ed hanno da 0^m,20 a 0^m,30 di grossezza. Queste pietre sono pel consueto picchiettate a scarpello, e si pongono alternativamente, onde ottenere le ammorsature con le costruzioni interne.

Questo sistema di apparecchio è convenientissimo per fare l'impiego di tutte le sorte di pietre che si ottengono alla cava per mezzo delle mine, come di quelle che svelte dal masso con le subbie, riescono di piccole dimensioni, o rimangono troncate, e quindi possono acquistarsi ad un prezzo molto inferiore a quello di un'egual cubità delle prime.

Allorchè negli edifici si vuol sfoggiare di eleganza, e secondo il carattere e la degradazione dei diversi piani che li compongono, sogliono gli Architetti adottare diverse qualità di bugnati a rettangoli e quadrati di risalto, fra i quali è interposto un canaletto che li divide tanto nel senso verticale che nell'orizzontale. Questi bugnati possono farsi di svariatissime forme combinando rettangoli e quadrati simmetricamente fra loro, e le riquadrature di risalto formando a guancialetto scabro per il carattere rustico degli imbasamenti, mentre per i bugnati superiori possono adottarsi le bozze a superficie piana oppure a superficie piana smussata in contorno. Ma nelle costruzioni eseguite per pubblica utilità, sarà sempre preferibile di attenersi ai sistemi di ornativa semplice, rivolgendo ad avvantaggiare la robustezza e l'ampliamento dell'opera, quelle economie che si ottengono dal sopprimere una ricercata eleganza.

CAPITOLO XIV.

DELLE DIVERSE CURVE APPLICATE AGLI ARCHI DEI PONTI
DI MATERIALE.**Della piena centina.**

Il primo oggetto da prendersi di mira nelle volte, è la curvatura delle loro centine. La piena centina è un'apertura di una mezza circonferenza. Questa curvatura è sempre da preferirsi siccome la più semplice, e devesi soltanto rinunziare alla medesima quando si ha bisogno di ottenere le impostature molto superiori alla corrente dei fiumi, acciò possa traversare le arcate dei ponti nel medesimo istante, una maggior massa di acqua nell'occasione delle grandi piene.

Dell'ellisse.

Si considerano diverse specie di ellissi. Esse sono in generale il risultato della sezione obliqua di un cilindro. Rondelet ci offre un'idea sensibile ed esatta di queste curve con un mezzo ingegnoso che passiamo a riportare.

Se si espone alla luce un cerchio di filo di ferro inscritto in un quadrato, traversato da due diametri che si incrocino al centro ad angoli retti, in maniera che il raggio della luce sia perpendicolare al piano che forma quest'assieme, l'ombra ricevuta sopra un piano parallelo rappresenterà una figura per-

fettamente simile a quest'assieme; ma se si fa girare il cerchio sopra uno dei suoi diametri senza variare la posizione del piano che riceve l'ombra, ne avverrà; 1.° che il quadrato si cambierà in un rettangolo, ed il cerchio in un'ellisse; 2.° che l'ombra del diametro, attorno del quale il cerchio gira, che non cambia di lunghezza, rappresenterà l'asse maggiore dell'ellisse, e che l'altro, che diminuisce a misura che l'assieme dell'apparato gira, addiverrà l'asse minore; 3.° che si trova una posizione nella quale questo piccolo asse sparisce in modo che l'ombra del totale apparato non forma che una linea retta. Da tutto ciò ne risulta che quest'assieme girando, può rappresentare tutte le ellissi possibili comprese fra il cerchio e la linea retta.

Comparazione del cerchio e dell'ellisse.

Nell'ellisse come nel cerchio, le linee che si incrociano al centro, dividono la loro superficie in parti eguali; ma nel cerchio, tutti i diametri sono eguali e perpendicolari alla curva, mentre che nell'ellisse la loro lunghezza varia per ciaschedun punto della curva.

Fra tutti i diametri dell'ellisse non vi ha che i due assi che si incrociano al centro ad angoli retti.

L'ellisse essendo una curva finita e simmetrica, ognuno dei due assi la divide in due parti eguali e simili.

L'ellisse ha la proprietà di avere due punti sull'asse maggiore che diconsi fuochi; essi danno il mezzo di rintracciare qualunque punto di questa curva e di condurvi delle normali.

Trovansi il luogo dei fuochi di un ellisso (Tavola VII, fig. 5) descrivendo dalle due estremità B, C, del piccolo asse, dello intersezioni con un raggio eguale a QR metà del grande asse. Queste intersezioni tagliano l'asse maggiore in M, N, e questi punti sono i fuochi ricercati.

Una delle principali proprietà dei fuochi, è che la somma delle linee tirate da un punto qualunque della curva a ciascuno dei fuochi, eguaglia sempre la lunghezza del grande asse, di modo che si ha in tutti i casi $ME + FN = AB$.

Se questa proprietà dell'ellisse, fu stabilita la maniera di tracciare l'ovale del giardiniere con una corda e due picchetti. Si collocano questi picchetti ai fuochi, e vi si attaccano i due estremi di una corda la cui lunghezza deve essere eguale al grande asse. In seguito con un altro paletto posto nel seno della corda, si traccia la curva, osservando di tenere la corda sempre ugualmente tesa; con questo semplice mezzo si ottiene un vero ellisse; ma questa pratica eccellente per delle operazioni di giardinaggio non offre sufficiente precisione per la costruzione delle centine, ed è preferibile il sistema di tracciare questa curva per mezzo di punti, come passiamo ad indicare.

Prendasi (fig. 5) con il compasso la distanza $A, 1$, facciasi centro in M e si descrivano le porzioni di curve $1, 1$; di nuovo prendasi la distanza $R, 1$, e fatto centro in N si descrivono le curve $1, 1$, che taglieranno le prime, formando due intersezioni in prossimità di A a destra e sinistra del grande asse. Di nuovo con raggio $A, 2$ e facendo centro in M si traccino le curve $2, 2$; quindi fatto centro in N e con raggio $R, 2$, si formino le intersezioni $2, 2$ ec. proseguendo con quest'ordine si perviene a formare una serie di intersezioni a destra e sinistra del semi-asse maggiore AQ quali tracciano il passaggio dell'ellisse. È chiaro che operando analogamente si ottiene il medesimo dall'altro lato, per il passaggio del semiellisse opposto. Non sarà sfuggito al lettore che le divisioni sul grande asse $1, 2, 3$, ec. vanno decrescendo in distanza a misura che si avvicinano al fuoco M . Questa decrescenza si ottiene formando un quadrante di cerchio con raggio QN , e dividendolo in parti eguali, quali proiettate sopra QN , daranno la degradazione opportuna. Vuolsi un più gran numero di intersezioni sul passaggio dell'ellisse? non si ha da fare che un maggior numero di divisioni sul quadrante che dà la proiezione dei punti $1, 2, 3$, ec.

Seguendo il procedimento indicato tanto a destra che a sinistra dell'asse minore, osserveremo che a cagione della regolarità e simetria dell'ellisse, resulteranno volta per volta quattro intersezioni che segheranno altrettanti punti egualmente situati in rapporto al centro, mentre le quattro porzioni di ellisse AB, BR, RC e CA sono eguali e simmetriche fra loro.

Questo metodo è estremamente comodo ed esatto, perchè le operazioni sono immediate, e le intersezioni indicano la direzione della curva, lo che è di un grandissimo vantaggio per tracciarla con esattezza sulle centine.

Dell'ovale.

Il principio che guida a tracciare queste curve, riposa sopra due condizioni principali: la prima è che per costruire con degli archi di cerchio una curva compita, bisogna che la somma di questi archi sia di 360 gradi; la seconda è che i centri degli archi che si congiungono sieno sempre sopra una medesima linea. La fig. 6 della Tavola VI, e le figure 4 e 6 della Tavola VII, indicano metodi diversi per tracciare degli ovali, dei quali sia determinato l'asse maggiore. L'esposizione delle figure è di per sè troppo chiara perchè sia necessario il corredo di speciali descrizioni.

In generale, più gli archi delle estremità sono grandi in rapporto a quelli del mezzo più l'ovale è aperto.

Relativamente ai limiti di più o meno curvatura da darsi alle centine delle volte, è stato rilevato che la cicloide è quella curva che ne prende meno, e la cassinoide è quella che ne prende più.

Della cicloide.

La cicloide è una curva generata dal contorno che traccia un punto preso alla circonferenza di un circolo, nel tempo che questo circolo rotando sopra un piano compie una rivoluzione. Si supponga la ruota di un carro che abbia un segno in un punto del cerchione; ogni volta che la ruota compie una girata lungo la via, questo segno, compie una cicloide. Vediamo il sistema geometrico che adottasi per la sua costruzione.

Nel circolo, il rapporto del diametro alla circonferenza è come 7 a 22 trascurando una piccola differenza. Ciò stabilito dividesi il diametro AB, in 22 parti eguali (fig. 7, Tav. VII) e 7 di queste si portano sulla perpendicolare alzata alla metà, cioè

da F in E. Preso FE come diametro, si descrive una circonferenza della quale ciascheduna metà divideremo in undici parti eguali. Per conseguenza saranno eguali fra loro, le divisioni del diametro AB, quelle del diametro FE e quelle della circonferenza FGEH. Da ciascuno dei punti di divisione della circonferenza ultima indicata si condurranno delle parallele ad AB; ciò fatto, si prenderanno 10 parti del semidiametro AF, e si riporteranno dal punto 10 della circonferenza FGEH, lungo la parallela ad AF fino in *a*; di seguito 9 parti del semidiametro AF, si condurranno dal punto 9 fino in *b*; 8 parti da 8 in *c*, ec. Compiuto questo processo avremo ai punti *a*, *b*, *c* ec. il passaggio della curva per la sua metà, che ripeteremo in simil modo dalla parte opposta.

Trovandosi questa curva tracciata come centina, se vogliasi condurre la perpendicolare ad un punto qualunque come *g*, per dirigere l'inclinazione del tunnel, otterremo ciò con il mezzo delle tangenti. Per esempio dal punto *g*, sul quale vuolsi tracciare una sezione, condurremo la *gm* parallela ad FB; e dall'estremità dell'asse E la EZ, pur essa parallela ad FB. La *mg* taglierà il circolo generatore al punto *l*. Si prenderà la lunghezza *gl* e si porterà da E in Z; per i punti *zg*, si condurrà una linea indefinita che risulterà tangente al punto *g*, e la perpendicolare *go* elevata all'estremità *g*, indicherà la sezione della grossezza della volta nel punto *g* della curva. La medesima operazione dovrà effettuarsi per ottenere tutte le altre sezioni.

Della traccia delle centine a più centri.

Il processo di tracciare delle curve composte di più archi di cerchio, è un problema indeterminato che può dar luogo a molteplici soluzioni.

Per conseguire questo intento, non basta soltanto di conoscere il diametro, l'altezza della centina, ed il numero degli archi di cui essa deve esser formata; bisogna ancora sapere se questi archi debbono essere di un medesimo numero di gradi o di un numero differente, ed in qual sistema di degradazione essi variano fra loro, come puro, come deve essere degradata

la lunghezza dei raggi. Questo studio dà luogo a più formule. Ecco quella che ha servito a tracciare la curva delle centine degli archi formati al ponte di Neuilly, che sono composte di undici archi di cerchio.

Prima formula.

La fig. 1 Tavola VIII, rappresenta questa curva, che è più aperta dell'ellisse, e per tracciare, dopo aver determinato il semidiametro AO di 19^m,50 e la lunghezza del raggio. Ar degli archi di nascita al terzo di AO fu diviso rO in quindici parti, delle quali una fu data ad ri, due ad il, tre ad lm, quattro ad mn, e cinque ad nO. Avendo quindi fatto OH doppio di AO fu diviso OH in cinque parti eguali Op, pq, qs, st, e tH e da queste divisioni furono condotte delle linee rette indefinite, a quelle tracciate lungo l'orizzontale AO; cioè Prl, qm, sN, tM, e HnP; di cui i punti di intersezione h, g, f, e, diedero i centri degli archi intermediari. Così e, stabilisce il centro dell'arco IM; f, quello dell'arco MN; g, quello dell'arco NQ; h, quello dell'arco QP; H, quello dell'arco PJ.

Si può trovare con il calcolo trigonometrico il valore in gradi di ognuno di questi archi, e la lunghezza dei raggi, considerando che l'angolo Arl è eguale a Orp, lo che dà rO stà ad Op come il raggio stà alla tangente dell'arco ricercato, che si troverà di 32 gradi e 18 minuti; medesimamente gli angoli lMf, e peq, essendo eguali, daranno rO : Oq come il raggio stà alla tangente della somma degli archi Al+IM eguali a 53 gradi e 29 minuti, dai quali detraendo l'arco precedente, restano 21 gradi ed 11 minuti per l'arco che si ricerca.

Gli angoli eguali MfN, qfs, daranno rO : Os come il raggio stà alla tangente della somma degli archi Al+IM+MN, dalla quale detraendo la somma degli archi Al+IM, il residuo di 13 gradi e 53 minuti, sarà la misura dell'arco MN. Procedendo analogamente, troverassi l'arco NQ di 9 gradi e 55 minuti, l'arco QP di 7 gradi e 42 minuti e l'arco PJ di 6 gradi e 21 minuti.

La somma di questi archi essendo di 90 gradi, essi con il

loro aggregato devono formare una mezza centina che si congiunga con la prosecuzione delle tangenti AB e BJ, una orizzontale e l'altra verticale. Così la curva che ne risulta soddisfa alle condizioni che richiedonsi nella soluzione di questo problema. Frattanto occorre osservare che gli archi di cui essa è formata sono ineguali o non seguono alcuna progressione regolare nella loro diminuzione, partendosi dalla nascita. Ciò deve nocere all'uniformità della curvatura, e crediamo che sarebbe meglio adottare nella misura di questi archi un rapporto determinato.

Seconda formula.

La fig. 2 rappresenta una semicentina composta di sei archi, di cui l'apertura va aumentando in progressione aritmetica, dal mezzo della chiave infino alla nascita. Venne determinato il piccolo raggio Ar con il metodo della formula precedente, perchè essa conviene a tutti i rettangoli nei quali delle centine ellittiche possono essere iscritte: Così dopo aver tirata la diagonale BO, e descritta la quarta di cerchio AQ, si è fatto l'angolo ABA eguale all'angolo RBQ, ed il prolungamento della linea Ba ha dato il punto r, sul semidiametro AO, ed il punto Il sull'asse prolungato. I due punti rIl sono i centri dei due archi estremi. Per aver quelli dei quattro archi intermediarii fu tirata una parallela lrp alla BRO, che dà il primo arco AI di 27 gradi; quest'arco è il sesto termine di una progressione aritmetica di cui si tratta di trovare il primo termine e la differenza. Così chiamando α questo primo termine e d , la differenza, troveremo il valore di α , eguale a 3 gradi, e la differenza d , eguale a 4 gradi e 80 minuti. Quindi l'arco AI, essendo di 27 gradi, IM sarà di 22 gradi e 80 minuti, MN di 17 gradi e 40 minuti, NQ di 12 gradi e 60 minuti, QP di 7 gradi ed 80 minuti e PI di 3 gradi, e tutt'insieme di 90 gradi.

Il valore di questi archi essendo conosciuto, dal punto O, e con AO per raggio, descrivasi la quarta di cerchio AZ, facciasi ZC eguale alla quinta parte di questo arco, ossia le si assegnino 18 gradi. Quest'arco ZC diviso in sei, darà ZF di tre gradi.

che è il primo termine della progressione aritmetica. Per avere la differenza dividasi l'arco CA in quindici parti, ed una di esse cu , darà questo valore.

Avendo in seguito diviso PH in dieci parti, ed assegnatone quattro a Pg , tre a qs , due a st ed una a th ; dal punto H e con raggio eguale ad OZ , avendo descritto un arco, si è riportato Zt da 1. in 2, e si è tirata la Ht , che forma con HZ un angolo di tre gradi. Dal punto t , e con OZ per raggio, si descrive un secondo arco sul quale riportasi da 3. in 4, la misura dei due archi IP e PQ presi insieme, ed eguali a due volte Zt più una volta cu ; e tirasi tQ che forma con Hz un angolo di 10 gradi e 80 minuti, e con HtP , uno di 7 gradi ed 80 minuti. Dal punto s , di nuovo descrivasi col medesimo raggio OZ un terzo arco sul quale si è portata da 5 in 6, la misura dei tre archi JP , PQ e QN che è eguale a tre volte Zt e tre volte cu e fu tirato sN che forma con Hz un angolo di 23 gradi e 40 minuti, e con tQ un angolo di 12 gradi e 60 minuti. Infine dal punto q , fu descritto un quarto arco, sempre con il raggio OZ , sul quale venne portato per la misura dei quattro archi JP , PQ , QN , NM , movendo da 7 ad 8, quattro volte Zt e sei volte cu , e fu tirata la qM che fa con Hz un angolo di 40 gradi e 80 minuti, ed un angolo di 47 gradi e 40 minuti con sN .

I punti h , g , f , e , ove queste linee si tagliano, sono i centri dei quattro archi intermediarli, che con le due estremità r ed H , hanno servito per tracciare la curva di questa semicintina, cioè il punto r , per l'arco IA ; e , per l'arco MI ; f , per l'arco NM ; g , per QN ; h , per PQ ; ed H , per JP .

In fine, occorre osservare, che a misura che queste curve sono composte di un maggior numero di porzioni di circonferenza, è necessario di adottare molta precisione nel tracciare tanto sulla carta, che sulle tavole da centine, se vuolsi cominciando dal punto J pervenire precisamente al punto A , o viceversa.

Terza formula.

La centina rappresentata alla fig. 3 è composta di undici archi eguali, cioè a dire di un medesimo numero di gradi. Per tracciarla si è principiato da determinare i centri r ed ll nella medesima maniera che è stato praticato per la figura precedente. Dopo aver tirata la diagonale del rettangolo BO si è fatto l'angolo ABr eguale a QBO , e prolungato Br infino in ll , si è in seguito descritto dal punto O e con AO per raggio, un quarto di cerchio AP , del quale si è divisa la circonferenza in sei parti eguali: dal punto r , si è elevata una perpendicolare infino all'incontro q del raggio OI , tirata dalla prima divisione del quarto di cerchio; da questo punto si è condotta la parallela qS ad rO , che taglia ai punti 6, 7, 8, 9 i raggi tirati dalle divisioni 2, 3, 4, 5 del medesimo quarto di cerchio. Dopo avere portate le parti $q6$, 67 , 78 , 89 e $9s$, da O in m , da m in t ; da t in k , da k in f ; e da i in r ; da questi punti m , t , k , f , r , e con raggio eguale ad AO , si ha tracciato degli archi di cerchio sopra i quali si è riportato l'arco $A1$, di 45 gradi, una volta da 40 in E , due volte da 44 in F , tre volte da 42 in G ; quattro volte da 43 in C , e cinque volte da 44 in D . Infine per i punti Er , Fi , Gk , Cl , e Dm , si sono tirate delle linee il cui prolungamento, dà gli archi AI , IK , KL , LM , MN , ed NJ di un medesimo numero di gradi, cioè a dire di quindici gradi. L'intersezione di queste linee dà di più, come nella precedente figura, i centri ll , h , g , f , e , ed r , per descrivere i detti archi.

Quarta formula per formare col medesimo numero di archi di cerchio, un' imitazione di ellisse.

La fig. 4 rappresenta una centina che ha la medesima altezza ed il medesimo diametro della precedente; essa è tracciata secondo la formula antecedentemente indicata.

Fu diviso, come nell'altro esempio, il quarto di cerchio Alt in sei parti eguali ai punti 1, 2, 3, 4, 5 per i quali furono condotte delle parallele ad RC .

Dal punto C e con CB per raggio, si è descritta un'altra quarta di cerchio, divisa medesimamente in sei parti eguali ai punti 6, 7, 8, 9 e 10, per i quali furono condotte delle parallele ad AC, che incontrano le prime ai punti I, K, L, M, N, quali furono in seguito congiunti con delle linee che formano un poligono.

Sul mezzo di ciascuno dei lati di questo poligono, furono elevato delle perpendicolari indefinite. Quella del lato NB, incontra la prolungazione del semidiametro BC nel punto H, e quella del lato AI, incontra il semidiametro AC nel punto d, mentre le altre tagliansi fra loro, ai punti e, f, g, ed h, che sono i centri corrispondenti a ciascuno dei lati del poligono. Questi archi nel loro assieme compongono una curva che molto si ravvicina all'ellisse.

Questo facil metodo è quello che produce le centine, di cui la curvatura è più uniforme, congiungendo alla molta solidità la più squisita eleganza.

Peraltro non deve tacersi, che le centine sorbassate più solide di tutte le altre sono quelle formate da una sola porzione di cerchio.

Vi sono diverse altre curve, delle quali potrebbesi analogamente trattare, siccome la parabola, l'iperbole la catenaria ec. ma lo sviluppo di tutte le inerenti teorie, ci condurrebbe al di là dei limiti convenienti al presente lavoro, che ha per oggetto, di supplire al costruttore, tutti quei ricordi che sono consentanei alle azioni di grand'uso.

CAPITOLO XV.

DELLE PROIEZIONI.

Si designano col nome di sviluppi i risultati delle diverse proiezioni, con l'aiuto delle quali ci rendiamo conto in tutti i sensi delle misure e delle forme di una parte di un edificio. Lo sviluppo è il disegno in grandezza naturale, oppure in grandezza proporzionale che si eseguisce sopra una parete, o sopra una carta, delle piante, delle facciate, e degli spaccati, tanto del totale, che delle singole parti componenti un edificio, con sistema ortografico, cioè con referire al piano orizzontale, od al verticale tutte le proiezioni dei corpi desunte con raggi paralleli fra loro.

La teoria delle proiezioni è consentanea alla geometria descrittiva; noi ometteremo di trattare di questa scienza, e soltanto citeremo qualche regola che attiene agli sviluppi dell'apparecchio delle volte. Le volte costruite in pietre da taglio sono composte di pezzi distinti ai quali dassi il nome generico di cunei: ogni cuneo ha più faccie che esigono molta attenzione nel loro preparazione. In primo luogo, la faccia che deve formare paraménto e che deve essere una parte visibile della superficie della volta, occorre che sia eseguita con quel grado di curvatura che le appartiene, acciò che dall'aggregato di tutte queste faccie visibili ne resulti senza angoli o insenature, la centina che vuolsi effettuare. In secondo luogo, le faccie per le quali i cunei consecutivi si applicano gli uni contro gli altri, e che diconsi congiunzioni, esigono la maggiore esattezza per de-

terminare il valore degli angoli con cui devono essere inclinato: perchè la pressione trasmettendosi da un cuneo all'altro, perpendicolarmente alla superficie delle giunture, è necessario che le due pietre si tocchino per il maggior numero possibile di punti, affinchè per ciaschedun punto di contatto, la pressione resulti regolarmente distribuita. Bisogna che in ogni cuneo, le giunture resultino combinate in modo, da riempire con le loro superfici esattamente la sezione di quella parte di solido che devono comporre; e perchè quest'oggetto sia più facile a conseguirsi, occorre che la superficie delle giunture sia la più semplice e di un'esecuzione la più suscettibile di precisione. È per questo che si fanno piane queste giunture. Ma non sempre può essere adottato questo sistema, giacchè allorquando le superfici di paramento dei cunei sono superiori ai dieci centesimi di lato, è necessario che venghino informate della rispettiva curvatura che le appartiene, in ordine al sistema di bentinatura che deve assumere la totalità della superficie. Noi accenneremo alcune condizioni essenziali alla regolare costruzione delle volte, rimandando coloro che avessero eseguire un particolareggiato studio in proposito, alla bellissima opera del Rondelet.

Immaginiamoci un locale di forma quadrata, coperto a volta; questa volta abbia le impostature nel quattro angoli, e segua il contorno del semicerchio alla sua congiunzione con ognuna delle pareti, mentre nel centro si sollevi alquanto dal colmo dei semicerchi, e per mezzo degli spigoli in diagonale, diriga i suoi ricaschi fino alle impostature degli angoli. È chiaro che la sezione in diagonale, presenterà una curvatura che dal colmo della volta ricade fino alle impostature; la sezione, alla metà, parallela ad uno dei lati, presenterà una lieve curvatura che dal centro si dirige fino al colmo dei semicerchi che fanno congiunzione colle pareti. Ecco che ognuno dei quarti fra le diagonali, ha una tal curvatura che differisce di valore in qualunque punto si prenda ad esaminare. Suppongasi che la detta volta sia di un sol pezzo, e che si debba decomporre in 400 cunei di pietra, che con le sue faccie di paramento, e con le inclinazioni della loro grossezza sieno atti a ricomporre l'assieme di detta volta. È chiaro che se si dividesse in 400 quadrati

il pavimento della stanza che la volta ricuopre, questi non servirebbero ad equiparare le superfici di paramento dei cunei della volta, mentre sviluppando sopra un piano tutte le diverse curvature della medesima otterrebbe, una superficie maggiore.

Chi abbisognasse famigliarizzarsi con i metodi elementari dello sviluppo sul piano, delle superfici dei solidi, potrà consultare la bella opera del P. Giuseppe Vannini sugli Elementi di Architettura Civile, edita in Firenze nell'anno 1850 dalla Tipografia Italiana.

È necessario che le testate dei cunei che servono di paramento, sieno quadrate. Così nella volta di che abbiamo parlato, dovranno i cunei, quarto per quarto, essere disposti a filari paralleli alle pareti, e soltanto gli spigoli verranno conformati in modo da ritestare da un lato e dall'altro i filari dei cunei. Deve di più essere avvertito che tutte le faccie di congiunzione fra cuneo e cuneo, che formano la grossezza della volta dovranno esser poste sempre in direzione normale alle faccie di paramento, cosicchè la perpendicolare al piano, alzata nel centro della testata del cuneo, e prolungata nell'interno della volta, dovrà sempre rimanere centrale ai quattro spigoli del cuneo stesso, in tutta la di lui altezza e per la total grossezza della volta.

Infine è da osservare, che rarissimamente dovranno eseguirsi delle volte complicate in pietra da taglio, perchè astrazione fatta dalla richiesta di un lavoro di gran lusso, potrà sempre conseguirsi un effetto analogo, costruendo tali volte in mattoni con paramento di intonaco, mentre questo modo di costruzione produce una stabilità ed una resistenza non inferiore, congiunta ad una maggior leggerezza e maggior prontezza di costruzione.

CAPITOLO XVI.

SVILUPPO DI UN PONTE AD ELICA.

Per applicare convenevolmente quanto abbiamo detto in rapporto alle proiezioni, presentiamo lo studio geometrico di un ponte ad elica cioè a costruzione spirale intorno ad un semicilindro, ossia ad un arco in piena centina.

Spesso avviene che una strada comunale deve essere attraversata obliquamente da una via ferrata, da un canale ec. In tali casi la base del transito superiore non può che stabilirsi sopra una volta solidamente costruita nella direzione della strada sottoposta, e che al tempo stesso serva di base a squadra con la superiore. L'apparecchio di cui si presenta il disegno alla Tavola XI offre dei considerabili vantaggi sotto il triplo punto di vista della semplicità del taglio delle pietre, della opportunità delle forme, e della solidità monumentale. Esso si armonizza convenientemente con le costruzioni in mattoni ed in piccole pietre squadrate a martello.

I principii di stercotomia sono rigorosamente osservati, perchè la spinta dei cunei resulti esattamente repartita in tutto l'assieme, e perchè il suo sforzo succeda parallelamente alle testate.

Ciò stabilito, principieremo da determinare la sezione retta ABC, a semicirconferenza, di una volta a zone cilindriche avente 40^m,00 di diametro; vedasi fig. 4. Sia in pianta AD la direzione di una delle teste del ponte, e l'angolo CAD, che è di ventidue gradi, sarà reputato siccome misura dell'obliquità del ponte stesso.

Dal punto O mezzo di AD, conduciamo la perpendicolare BB', tiriamo le rette AB' con un angolo doppio di quello CAD fino all'incontro della retta B'B', e da questo punto dirigiamo la B'D oppostamente; e dai punti EF, mezzo di queste rette, abbasseremo due perpendicolari che taglieranno la retta B'B' in un punto O', e questo punto sarà il centro dell'arco ABD rappresentante l'elice di testata. Con un'apertura di compasso eguale ad OB' (fig. 4) noi tratteremo l'arco A'B'C' (fig. 3) e quindi lo divideremo in 47 parti eguali per formare i cunei di parramento verticale.

Per ottenere lo sviluppo dei cunei sopra il cilindro da formarsi a filari, si tracci la semicirconferenza AB'C rappresentante la sezione retta del detto cilindro, e si divida questa semicirconferenza in 47 parti eguali.

Stabilita una linea orizzontale RS, eguale ad OX della fig. 4 e condotta alla sua metà l'altra linea PQ, nella direzione stessa della YZ della fig. 4, dal punto S' dirigersi una linea verso T, in maniera che resulti perpendicolare ad un'altra che passi pel punto R. Quest'ultima prolunghisi nella direzione MN ed all'estremità S, si conduca una parallela MN' alla MN predetta. Sopra ognuna di queste due linee MN e MN' tirate indefinitamente, si segnino 47 divisioni, con la stessa apertura di compasso servita per dividere il semicerchio AB'C, ed in modo che la 24^{ma} divisione divida per metà il cateto RS. Prendendo di mira la direzione della linea ST, si osserva che la divisione h, fra 23 e 24 della linea MN' corrisponde alla divisione fra 42 e 43 della linea MN.

Su questa base, e mantenendo il parallelismo dei filari dei cunei nella loro obliquità e curvatura, tracciarsi nella superficie di sviluppo, la direzione dei medesimi. Avvertesi che nello figure 2, 3 e 4 per comodo di dimostrazione, è stata tracciata la direzione dei cunei medesimi, indicandone uno ogni sei, cioè traslasciando di notare cinque filari fra un cuneo e l'altro. Lo sviluppo UVXT del cilindro a filaretti, è formato secondo la proiezione che resulta dalle ordinate di corrispondenza fra la curva di testata del profilo, QR fig. 4, e la pianta XG fig. 4, ambedue situati normalmente all'asse OX della pianta, fig. 4, e

riportando parallelamente la sagoma V SX fig. 2; fino ad URT con la costante distanza dell'asse RS della stessa fig. 2.

Per tracciare l'apparecchio degli elici longitudinali sulla convessità della curva fig. 4 e fig. 3, e dopo stabilite le centine, altro non deve farsi che dividere le testate QR ed MO fig. 4 nelle solite 47 parti, e condurre sulle centine, con un regolo flessibile o con la corda, la traccia del filaretto $h'h'$ che dalla divisione 12 a 13 si diriga al punto dell'impostatura della volta stessa nel punto O. Quindi stabilita questa normale obliquità, si dirighino tutte le altre tracce dei filaretti parallelamente a questa. Così vedremo che la zona di numero 24 che è la chiave dell'arco, corrisponde a quella di numero 13 della opposta testata, di maniera che lo scorcio, comprende 14 filaretti che vengono a perdersi nel piè diritto, e la zona di numero 1 corrisponde alla 12^{ma} divisione delle testate opposte.

Acciò la collegamento di quei filaretti che si perdono da ciascuna un lato nel piè diritti, sia effettuata secondo le regole della stereotomia occorre che il filaretto di nascita formi al tempo stesso piè diritto ed entradosso di un sol pezzo di pietra che chiameremo cuscinetto o cuneo di nascita, come è indicato allo sviluppo UV fig. 2 ed al profilo OR fig. 4. In questo sistema di apparecchio risultano secondo le prescrizioni della Statica, tutte le congiunzioni perpendicolari alle superfici di paramento. Ma, siccome i due angoli acuti DH (vedasi la fig. 4) potrebbero essere di difficile conservazione al tempo delle costruzioni, e potrebbero altresì spezzarsi facilmente i cunei che li compongono, tanto alla disarmatura che all'occasione di qualunque leggero urto, per ovviare a tali inconvenienti, suol praticarsi una smussatura che muovendosi a squadra con il piano di testata prosegue decrescendo fino alla chiave dell'arco, ed a norma che l'angolo viene a perdere la sua acutezza e ad avvicinarsi al retto. La smussatura si fa prendendo 0^m,20 da ciascun lato dell'angolo acuto e tagliando l'angolo alla diagonale. Ciò ha luogo nel punto dell'impostatura, ed i 0^m,20 per lato si avvicinano a zero presso la chiave, poichè cessa in tal punto l'angolo di essere acuto. Nella pianta, nell'elevazione, nel profilo e nello sviluppo, vedesi indicata la traccia di tale smussatura in modo abbastanza chiaro per servire all'intelligenza degli esperti.

CAPITOLO XVII.

COSTRUZIONE DELLE CENTINE.

Lo studio delle centine o armature, come la loro costruzione riposa sulla teoria della forza e della resistenza dei legnami, combinata con l'arte di disporli in modo che essi possano opporre la maggior resistenza allo sforzo che tende a romperli od a spostarli (Vedasi il Capitolo IX).

Alla Tavola IX fig. 5, abbiamo indicata la maniera economica di costruire delle centine per delle aperture di acquedotti, che giungono a 3^m,50 di diametro all'impostatura delle loro volte.

Tutti i costruttori antichi e moderni vanno d'accordo che i punti di rottura delle volte trovansi al di là dell'inclinazione di trenta gradi; cioè a dire, che in una volta, i filaretti dei cunei si mantengono sul loro antecedente stato di riposo, senza aver bisogno di esservi ritenuti dal contrasto di altre forze, o sostenuti da delle centine, infino a che la loro inclinazione dalla circonferenza al centro, non giunge a formare un angolo di trenta gradi con l'orizzonte. Sieno AC questi punti (Tav. XI, fig. 3).

Ciò stabilito, è evidente che il carico delle centine prende principio da questi punti AC, e va aumentando infino ai cunei che toccano la chiave, e la loro azione non comincia a diminuire sennonchè quando con il filaretto dei cunei che forma la chiave è stata chiusa la volta.

Per determinare le dimensioni dei legnami e la disposizione

delle centine, occorre formare il cubo della volta AB^mC , cioè dello spazio compreso dai 30 ai 150 gradi. La sua curvatura è un arco di cerchio di 44^m,90 di sviluppo, ed ottiensì la superficie di tutta la volta, moltiplicando 44,90 per 12, larghezza del ponte = 442^m,80; siccome l'apertura dell'arco è pure 12 metri, la sua grossezza al mezzo della chiave sarà 0^m,88 (vedasi Capitolo XI, prospetto secondo); quindi $442,80 \times 0,88 =$ a metri cubi 423,66.

Il peso del metro cubo di muramento di pietra da taglio, essendo di 3500 kilogrammi, si avrà per il peso che le centine devono sostenere 439840 kilogrammi.

Abbiamo trovato al Capitolo IX, che la resistenza assoluta dei legnami di testata è di 6 kilogr. per millimetro quadrato, dietro ciò la sezione dei sostegni sarà di $\frac{439840}{6} = 73302^m$ superficiali; otto centine sosterranno la volta, dunque ciascheduna centina dovrà sostenere 54976 kilogr.; sieno 55000 kilogr. per fare equilibrio a questo peso, i sostegni dovranno avere 9166 millimetri quadrati di sezione in testata; conseguentemente a queste basi, dovrà darsi ai medesimi la squadratura di $300^{mm} \times 300^{mm} = 90000 millimetri quadrati, acciò essi oppongano una resistenza dieci volte più forte che la potenza assoluta capace a farli rompere, e per le otto centine, occorreranno otto sostegni simili.$

Dopo aver determinata la squadratura dei sostegni, dovrà trattarsi di calcolare le dimensioni da darsi alle traverse.

Per i legnami orizzontali le cui estremità riposano sopra due appoggi, noi abbiamo la forza assoluta dalla formula $\frac{as}{7}$ (Capitolo IX), e siccome nel genere di centine di cui ci occupiamo, vi sarebbe un sostegno al mezzo, la portata orizzontale fra gli appoggi sarebbe di 4 metri, e dovrebbe fare equilibrio a $\frac{55000 \times 4}{2}$ peso che deve sopportare ciascheduna delle centine, siccome abbiamo già detto.

Noi avremo la sezione dei legnami traversi (essendo l'altezza il sedicesimo della lunghezza), moltiplicando il peso assoluto da sopportare (27500) per il rapporto fra la lunghezza e l'al-

tezza, e dividendo per la forza assoluta del legname, e per ogni millimetro quadrato (6 kilogr.) cioè $\frac{27500 \times 26}{6} = 6680$ millimetri quadrati per la sezione dello traverse, ciò che porta la squadratura di $0,300 \times 0,200 = 60000$ millimetri. Si vede che questa armatura sarebbe in una soddisfacente condizione di equilibrio, per resistere allo sforzo che tende a romperla.

Della disarmatura.

Dopo che ci siamo assicurati, essere i cementi perfettamente secchi, le che ha luogo quindici giorni dopo la costruzione del filaretto di chiave, procedesi al disarmamento delle centine. Questa operazione deve essere eseguita con molta diligenza, acciò l'allentamento dell'armatura succeda simultaneamente su tutti i punti, senza scosse nè sussulti, ed acciò che lo stringimento succeda uniforme per tutto.

Proponghiamo che ciaschedun punto d'appoggio delle centine, venga armato di una vite di richiamo, riposante sulla base dei sostegni, quali potrebbero utilmente servire a regolare le centine nel tempo della costruzione, non che ad operare il disarmamento simultaneo a costruzione ultimata. Questo viti vedonsi indicate alla Tav. X, fig. 4, ed alla lettera V delle rispettive armature designate nella Tavola medesima.

Della formazione delle centine.

Per determinare le centine in modo che ne resulti il migliore e più opportuno sistema di armatura per resistere solidamente al peso delle costruzioni da sovrapporvi, doversi in primo luogo stabilire la posizione dei saettoni E, D, H, (fig. 4).

Abbiamo veduto alla Tav. VIII, che per qualunque curva possono approssimativamente determinarsi i raggi a cui appartengono i segmenti dei circoli di cui è composta; così nella fig. 4 della detta Tavola, i punti r, e, f, g, h, H, rappresentano altrettanti raggi dei sei segmenti sferici, che con il loro contatto producono il quarto dell'ovale AJ. Ora se si conduca una

corda al segmento AI e sulla sua metà si alzi una perpendicolare, questa passerà per il centro r , ed indicherà la direzione del primo saettone, nel caso che debba formarsi l'armatura per la costruzione di una volta curvata siccome AJ. Così il secondo saettone sarà diretto dalla metà del segmento MI verso il centro e , e così di seguito.

Infatti la disposizione dei saettoni deve essere perpendicolare alla curva; ed il raggio αe , risulta effettivamente perpendicolare alla tangente tirata al punto α , o viceversa.

Con questo sistema pratico, possono disporsi altresì i saettoni alle curve ellittiche, poichè determinando per via di intersezioni, una serie di punti pel passaggio della curva, si otterranno delle direzioni per i saettoni, che negli usi pratici soddisfaranno pienamente all'intento.

Dunque per disporre convenientemente il legname di un'armatura, dovremo rammentarci in primo luogo che la gravitazione del materiale da soprapporsi alle centine, ha principio ad un angolo di 30 gradi, che abbia il vertice al centro, sull'asse orizzontale della curva, ed è per questo che l'apparato dei sostegni verticali, deve rimaner sempre alquanto inferiore a questo punto. In secondo luogo è da ritenersi che la direzione dei saettoni deve sempre coincidere con quella dei raggi dei rispettivi segmenti componenti la curva da costruirsi. In terzo luogo, devono generalmente evitarsi quelle combinazioni di armature che presentassero angoli molto acuti, giacchè queste sono contrarie ad una bene intesa economia di forze, tendono a rendere deboli i soquadri e fragili le innestature.

La posizione della corda, per l'armatura sopralzata fig. 4, Tav. X, si determina conducendo le tangenti alla curva in B ed in A, e dal punto C del loro incontro, abbassando una perpendicolare alla curva, ossia conducendo una parallela al raggio che appartiene a quella porzione di curva che vi corrisponde. La detta corda potrà essere alquanto superiore ai punti indicati, e la sua posizione dovrà subordinarsi allo spartito dei saettoni che formano ventaglio alla centina.

Dal punto f , ove la direzione del primo, incontrerà la corda, si tirerà la fi LM, quale determinerà la posizione di una gam-

ba di forza, per sostenere la parte della corda iD , ed il bracciale iD . La porzione dell'armatura QR che sostiene il sistema superiore col mezzo dei vitoni di richiamo MV , dicesi staccata, e può essere formata da dei paloni piantati a rifiuto, e collegati fra loro con traversoni ammorsati.

Il sistema di armatura indicato alla fig. 4 e di cui abbiamo superiormente parlato, non deve adottarsi per i grandi archi.

La fig. 2, rappresenta una piena centina di venti metri di diametro. Il sistema di armatura riposa sopra dei paloni battuti a rifiuto, con la berta di 600 kilogr., e collegati al solito per mezzo di traversoni ammorsati. Questa armatura è formata di tre parti. La staccata FX , la fiancata DG , e la parte centrale RV . Fra le fiancate e la parte centrale è interposto un rango di vitoni di richiamo, che servono come abbiamo notato al disarmamento contemporaneo.

La fig. 3 offre lo sviluppo del sistema di collegamento dei sostegni della staccata fra una centina e l'altra, e serve altresì a dare idea del modo di collegamento dei saettoni con le gambe di forza e con le traverse; con le lettere BB si dà indizio della pianta dei traversoni longitudinali ai sostegni, con LM indicasi uno dei traversoni staccato dai sostegni e con NO si esprime il medesimo pezzo presentato dal lato delle intaccature; con le lettere m, n, o, p , indicasi un rango di sostegni veduti in pianta, e sopra ognuno dei quali riposano consecutivamente altrettante armature, succedentesi nel senso longitudinale.

La fig. 4 presenta lo sviluppo in maggior proporzione di una delle viti di richiamo non che del modo con cui devono conformarsi.

Con la fig. 5 presentiamo una centina ovale sorbassata. La sua armatura è costruita secondo il sistema della fig. 2. Ma siccome l'apertura è doppia, e la differenza degli assi dell'ellisse molto pronunziata, i sostegni che formano la staccata, sono più lunghi e più numerosi; e ciò deve praticarsi per causa della maggior resistenza che i medesimi devono opporre alla gravitazione delle superiori costruzioni. Si avverte che nelle curve ellittiche e negli ovali molto aperti, l'angolo di trenta gradi che

determina il natural riposo dei cunei delle volte, non deve misurarsi al centro della curva come nel semicerchio, ma al centro O'' del primo segmento VA (fig. 5).

Tutte le centine superiormente indicate, abbiamo racchiuse in un rettangolo formato dall'asse maggiore o dalle tangenti ai punti AA, ed al punto B, che si incontrano ai punti CC.

Quella indicata alla fig. 4 si costruisce facendo centro per la porzione $c'BC'$ sul semiasse maggiore dell'ovale, al terzo del medesimo, e per le porzioni $c'A$, nei punti A.

L'altra indicata alla fig. 5 si costruisce facendo centro per la porzione VBV, lungo l'asse minore alla distanza di metri 24 dal punto B; e per le porzioni VA alla metà del semiasse maggiore.

CAPITOLO XVIII.

STUDIO E VALUTAZIONE DI UN ACQUEDOTTO
TRAVERSANTE SOTTO UNA STRADA.

Allorchè i disegni delle costruzioni di questo o di qualunque altro progetto debbono servire alla formazione di una perizia di previsione delle spese occorrenti, è necessario che sieno conformati in una proporzione sufficiente ad offrire distintamente tutte le parti delle costruzioni, ed a presentare geometricamente lo sviluppo di tutte le parti, in modo tale, che con il solo soccorso dei medesimi possa procedersi ancora da altri, alla esecuzione e valutazione dell'opera. Vedasi la Tavola IX.

La fig. 4 rappresenta la metà della pianta dell'acquedotto. I due quarti di cono che vedonsi a destra e sinistra dell'imbocco, con la faccia X sono aderenti alla parete di testata del medesimo, e con la faccia Y sostengono le terre che dall'alveo del torrente s'alzano fino al livello della strada che a squadra lo traversa, essendo sostenuta dalla volta dell'acquedotto. La parte convessa dei due quarti di cono, serve a dirigere le acque del torrente, raccogliendole all'imbocco dell'acquedotto.

La fig. 2 indica la sezione longitudinale della metà della volta, e della strada a massiciata che traversa a squadra l'acquedotto.

La fig. 3 indica l'elevazione di fronte, e lo spaccato delle terre sostenute dai quarti di cono, e che formano argine alla

strada che traversa superiormente alla volta dell'acquedotto, nella direzione AB.

La figura 4 indica la sezione di uno dei quarti di cono.

La figura 5 dimostra la sezione dell'acquedotto nel senso trasversale, e l'infaccia dell'armatura occorrente per costruirlo.

Per questa specie di acquedotti di 2^m,00 di apertura fino a 3^m,50 formansi nell'esecuzione le armature con centine di tavole di 0^m,04 di grossezza, raddoppiate e connestate insieme come si pratica per il corpo delle navi. Si collocano sopra dei sostegni alquanto più robusti, e situati distanti l'uno dall'altro un metro, d'asse in asse. Queste armature riescono economiche e possiedono la necessaria robustezza, quandochè venghino formate e connestate con esattezza.

Misurazione dettagliata dell'Acquedotto.

INDICAZIONE DELLE COSTRUZIONI.	DIMENSIONI.	CUBATURA.	STERRI.	MURAMENTO di					
				pietra da taglio		filaretto scarpellato		filaretto ordinario.	
				tagli.	cub.	tagli.	cub.		
Sterri per le fondazioni dei due frontali, dei muri trasversi e dei quattro quarti di còno	Longhezza . . .	m. c. 13.00	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
	Larghezza . . .	1.50	19.50	67.00					
	Groscezza . . .	4.00							
	Uno simile . . .	19.50							
	Lunghezza . . .	9.00							
	largh. . .	1.00	9.00						
	Gross. . .	1.00							
	Uno simile . . .	9.00							
4.25 di còno . . .	10.00								
Muramento ordinario.									
Muro di fondazione . . .	Longh. . .	11.25	11.25	"	"	"	"	"	11.25
	Largh. . .	1.00							
	Gross. . .	1.00							
Uno simile		11.25	"	"	"	"	"	11.25	
Frontale	Longh. . .	8.75	9.85	"	"	"	"	"	9.85
	Largh. . .	0.75							
	Gross. . .	1.50							
Uno simile.		9.85	"	"	"	"	"	9.85	
Filaretto picchiettato.									
Spianata	Long. 14.00	25.30	7.59	"	"	"	25.30	"	7.59
	Larg. 2.30								
	Gross. . .	0.30							
Volta; cubatura piena, media dedotta . . .	Longh. . .	10.00	43.89						
	Largh. . .	3.30							
	Gross. . .	1.33							
Vuoto da dedurre, mes- sa centina	Longh. . .	10.00	18.15						
	Gross. . .	3.30							
	Largh. . .	0.55							
Da dedurre il cubo di filaretto picchiettato della volta	Longh. . .	9.00	11.49	"	"	"	32.40	11.49	
	Largh. . .	3.65							
	Gross. . .	0.35							
Resta per muramento ordinario.		14.25	"	"	"	"	"	"	14.25
Riparto			67.00				57.70	19.08	56.45

Seguito della Misurazione dettagliata dell'Acquedotto.

INDICAZIONE DELLE COSTRUZIONI.	DIMENSIONI.	CUBATURA.	STERRI.	MURAMENTO					
				pietra da taglio		fiaretto scarpellato		fiaretto ordinario.	
				taglio.	cubo.	taglio.	cubo.		
<i>Riporto</i>	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
Muri di testata.			67.00				57.70	19.08	56.45
Muri fino alla volta	Lungh. 8.50 Largh. 1.50 Gross. 0.60	7.65							
Detti fino alla cimasa	Lungh. 8.50 Largh. 1.50 Gross. 0.50	7.65							
Uno simile		15.30							
TOTALE		50.60							
Vuoti L. 2.00									
da L. 4.86 } 2.07									
dedurre G. 0.55									
Uno simile 2.07									
Pietra L. 14.50									
da taglio L. 0.30 } 1.74									
da ded. G. 0.40									
Uno simile 1.74									
		22.98		4.35	3.48				
				4.35					
Filaret. L. 4.00									
picch. L. 0.353 } 3.996									
da ded. G. 3.00							11.49	8.00	
Uno simile 3.996							11.49		
Resta per muramento ordinario.									14.98
		44.98							
Quarti di cono.									
Per uno L. 3.00									
detto L. 4.40 } 7.26									
detto G. 0.55									
Per tre simili 21.78									
On de L. 3.00							13.20		
da ded. L. 4.47 } 4.02							30.60		
61 picch. G. 0.30									
Per tre simili 12.06									
		16.08						16.08	
		42.96							12.96
TOTALE			67.00	8.70	3.48	132.48	43.16		54.39

Misurazione dettagliata delle armature.

INDICAZIONI.	LUNGHEZZA	ALTEZZA.	GROSSEZZA.	CUBATURA	
				parziale.	totale.
Per una centina.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
2 puntoni contro i cosciali, di due metri ciascheduno; in ambedue	4.00	0.15	0.15	0.090	
1 detto centrale	2.20	0.12	0.12	0.032	
6 tavole di 2m.20 ciascuna; in tutte	13.20	0.25	0.04	0.132	
Cubatura per una centina	"	"	"	0.254	
Per 10 centine simili.	"	"	"	2.540	
Cubatura per 11 dette	"	"	"	"	2.794
Intavolato delle centine.					
75 tavole di 2 metri di lunghezza; ognuna	2.00	0.20	0.04	0.016	
Per 74 simili	"	"	"	1.184	
Cubatura per 75 dette	"	"	"	"	1.200
TOTAL cubatura.	"	"	"	"	3.994
Chiodagione diversa, sono 2000 pezzi lunghi 0m.05 pesano in tutti 10 kilogrammi.	"	"	"	k.	10.00

Valutazione.**Costruzioni.**

	fr. c.	fr. c.
67.00 metri cubi di terra scavata per le fondazioni a franchi 0.60 a metro.	40.20	
8.70 metri superficiali di lavoro sulla pie- tra da taglio, a fr. 6 il metro.	52.20	
3.48 metri cubi di pietra da taglio porta- ta al posto a fr. 60 l'uno	208.80	
133.48 metri superficiali di lavoro sulle pietre di paramento esterno, a fran- chi 5 a metro	667.40	
43.46 metri cubi di muratura di filaretto picchiettato a fr. 30 a metro	1294.80	
84.39 metri cubi di muramento di filaret- to ordinario a fr. 40 il metro.	843.90	
TOTALE per le costruzioni. . .	3107.30	3107.30
Centine.		
3.99 metri cubi di legname d'abeto por- tato al posto a fr. 70 il metro cubo	279.30	
40.00 kilogrammi di chiodagione ad un franco il kilogr.	40.00	
	289.30	289.30
TOTALE		3396.60
Si aumenta per casi imprevisi		203.40
TOTALE generale		3600.00

CAPITOLO XIX.

DEI PONTI IN FERRO FUSO.

Sono stati costruiti dei ponti in ferro fuso secondo differenti metodi, ed è presso gli Inglesi che questo genere di costruzione ha avuta origine. Fra i diversi sistemi adottati, quello Polonceau merita tuttora la preferenza, ed il magnifico Ponte di Carrousel ne forma una felice applicazione.

Questo abilissimo costruttore fa con ragione rimarcare che gli archi sono ciò che vi ha di più essenziale, e che è sempre difficile di determinarne rigorosamente le dimensioni a causa della varietà che presenta la resistenza delle fusioni sottomesso ad esperimento, mentre che le sottese, i timpani o gli altri accessori rimangono presso a poco i medesimi qualunque sia l'apertura. Egli aggiunge che la spinta delle arcate è tanto più considerabile, quanto la curvatura degli archi è più sorbassata, e che in tali circostanze, invece di risultare uniformemente repartita sopra tutta la superficie dei cosciali, come nelle volte in muramento, essa esercita soltanto il suo effetto sopra la precisa posizione in cui succede il ritesto; questa particolarità non permettendo di determinare rigorosamente le dimensioni dei cosciali atte a sostenere la spinta degli archi, lascia il costruttore nell'incertezza e nell'imbarazzo relativamente ai risultati ottenibili ad opera ultimata.

Questa grave circostanza ci persuade di proporre, che in tutti

i casi, e qualora gravi difficoltà non vi si oppongano, vengano preferiti i ponti di materiale, ed anche i ponti sospesi, a quelli di che noi facciamo parola.

Ed è in questa mira che ci astenghiamo dal diffonderci ulteriormente su tal soggetto, soltanto appagandoci di presentare le dimensioni del citato ponte, nel seguente prospetto.

Ponte di Carrousel.

LUNGHEZZA		Altezza dei cuscini infine alla sommità dell'arco.	Grandezza media dei cuscini.	Rapporto della grossezza in quello dei cuscini di una volta in piena seccata.	Altezza dell'arco.		DIAMETRO dell'ellisse interiore, e vuoto		Superficie della sezione.	Rapporto della superficie S della sezione, alla corda C.
della corda.	della traccia.						orizzontale	verticale		
m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	
47.70	4.90	5.00	10.60	4.80	0.85	0.04	0.35	0.68	0.076	$S=0.00159C$

Dietro questi risultati può essere adottato il rapporto $S=0.00159$ C per i ponti aventi da 40 a 50 metri di apertura e sorbassati di un decimo.

CAPITOLO XX.

DEI PONTI SOSPESI.

Considerazioni generali.

Lo studio dei ponti sospesi forma parte di quelle conoscenze generali che devono essere possedute da tutti gli uomini che si occupano di pubblici lavori. L'opera composta da Navier su tal soggetto forma ciò che vi ha di più esatto e positivo, relativamente al tema di che si tratta, quindi attingeremo da essa quelle brevi indicazioni che ci accingiamo a presentare al lettore.

L'origine dei ponti sospesi è antica. Si trova nei ponti di corda delle Cordigliere e nei ponti di catene della China e del Tibet.

L'arte di costruirli riposa essenzialmente sopra le leggi della Statica; ed ecco i principii proposti e sviluppati da Navier, quali danno luogo alla soluzione di diversi problemi riguardanti:

1.° L'equilibrio delle catene caricate uniformemente di diversi pesi in tutta la loro lunghezza;

2.° L'azione dei carichi collocati sul tavolato di un ponte, per cambiare la figura delle catene ed aumentarne la tensione;

3.° L'equilibrio dei supporti sui quali riposano le catene.

principalmente allorchando vi sono diversi spartimenti gli uni di seguito agli altri.

4.° La determinazione della grossezza delle catene, analogamente alla resistenza del ferro battuto.

5.° L'allungamento delle catene e l'abbassamento del tavolato in seguito dell'estensibilità del ferro prodotta dal calore;

6.° L'azione delle oscillazioni verticali del tavolato, supponendo le catene perfettamente flessibili ed inestensibili;

7.° L'azione del vento sull'intavolato, e delle oscillazioni orizzontali delle catene;

8.° Finalmente l'equilibrio di tutto il sistema, avendo riguardo al peso delle catene e dei mazzetti di filo di ferro di sospensione.

Tutti questi problemi formano la teoria dei diversi casi influenti sui ponti sospesi, ed è in seguito alla conoscenza della loro soluzione che può giungersi a fare convenientemente lo studio del progetto di un ponte di questo genere.

Resulta dalle formule offerte da Navier che la tensione delle catene non deve giammai oltrepassare 44 kilogrammi per millimetro quadrato della sezione trasversale.

Il peso assoluto che sopporta il ferro in barra, è di 40 kilogrammi per millimetro quadrato, avanti di rompersi; ma siccome ha prevalso l'uso di conformare le catene con dei fili di ferro riuniti in fasci e formanti dei canapi, tutti i costruttori hanno adottato 48 kilogr. di maximum di tensione per millimetro quadrato della sezione trasversale dei canapi.

Si conformano i canapi con dei fili di ferro dal numero 40 fino al numero 20; ma il numero 48 è quello che in preferenza trovasi impiegato.

Però qualunque sia il numero che venga impiegato per la conformazione dei canapi, noi abbiamo formato il seguente prospetto, affinchè conoscendo la sezione trasversale ed il peso del metro corrente di ciaschedun numero, si possa sempre determinare il numero dei fili che devono formare i canapi di un ponte, in seguito alla notizia della resistenza del ferro.

Prospetto per la classazione dei fili di ferro.

NUMERO.	DIAMETRO in millimetri.	RAPPORTO della circonferenza al diametro e perimetro.	SEZIONE.	CUBO per metro corrente.	PESO di un metro cubo di ferro.	PESO di un metro corrente.	OSSERVAZIONI.
	mm.		mm.	mm.	k.	k. g.	
10	0.004.25	3.1416	4.200.000	1.200.000	7.788	0.009.346	I fili di ferro non sono sempre grani e clienti in commercio con una rigorosa precisione: quindi è indispensabile che i costruttori ve- rificano la giustezza dei fili, ta- gliando un metro in lunghezza, di ogni numero, a pendolo separa- tamente; il loro peso corrisponderà approssimativamente ad uno di quelli registrati nel presente prospetto e co- si indicherà il numero a cui ap- partiene il filo.
11	0.004.50	"	4.770.000	1.770.000	"	0.013.775	
12	0.004.75	"	2.240.000	2.240.000	"	0.018.694	
13	0.005.00	"	3.444.690	3.444.690	"	0.024.467	
14	0.005.25	"	3.976.090	3.976.090	"	0.030.966	
15	0.005.50	"	4.908.750	4.908.750	"	0.038.230	
16	0.005.75	"	6.054.230	6.054.230	"	0.047.454	
17	0.006.00	"	7.068.600	7.068.600	"	0.055.050	
18	0.006.33	"	8.702.220	8.702.220	"	0.067.773	
19	0.006.66	"	10.420.910	10.420.910	"	0.080.458	
20	0.007.00	"	12.566.400	12.566.400	"	0.097.867	

Studio di un ponte sospeso.*Esposizione della Tavola XII e regole da seguirsi nell'esecuzione.*

Per dare un'idea esatta e facilmente concepibile, della costruzione dei ponti sospesi, ci accingiamo a presentare uno studio completo di uno di questi ponti.

La fig. 1 rappresenta l'elevazione di un ponte sospeso avente 58 metri d'apertura, d'asse in asse dei supporti, o di corda, e 5^m,30 di freccia.

Perchè questi ponti sieno posti nelle condizioni più favorevoli di equilibrio, tanto per l'economia, per l'eleganza e per la solidità, bisogna che la freccia sia fra il decimo ed il quindicesimo della corda, e che gli angoli formati dalla direzione delle catene dei supporti e dei ritegni, con l'orizzonte, sieno eguali, cioè a dire, l'angolo α , eguale all'angolo β ; allora la risultante passa per l'asse dell'obelisco A'B. Sovente la posizione dei luo-

ghi non permette di fare questi angoli eguali; ma puossi in tali casi formare l'angolo α , maggiore di quello β , non mai tanto però che la risultante venga a sortire fuori del piede D' dell'obelisco.

C e D rappresentano il taglio longitudinale dei pozzi d'ammarratura, e delle loro tracce in direzione dei canapi di ritegno. Ben sovente la direzione del terreno e la località non permettono di disporre queste costruzioni siccome esse sono rappresentate in D, che è il sistema di ammassaggio il più favorevole e che accoppia la solidità all'economia.

Vedesi che il pozzo di richiamo C, come il suo sistema di ammassaggio, differisce considerabilmente dal pozzo D. Nel primo, rimarcasi che la catena di ritegno forma angolo nella gola del pozzo, appoggiandosi sopra un cilindro di flessione, affine di addolcire i movimenti d'oscillazione di va e vieni, prodotti dai gravi che traversano il ponte.

Per indicare con chiarezza il detto sistema di ammassaggio, sono state destinate le figure di dettaglio 6, 8, 9, e 10. La fig. 6 rappresenta il pozzo D ad una scala venti volte più grande. OP rappresenta il canapo di ritegno, incassato nella gola lasciata nel grosso muramento; I indica la camera per ammassare e visitare l'ammassaggio all'opportunità; F,F, esprime una pietra da taglio di un solo blocco lunga 4,50 larga 4,00 alta 0,40; Essa è forata per l'introduzione del canapo. La fig. 8 rappresenta la pietra medesima veduta in pianta dal suo lato maggiore. Dalla buona qualità e dalla solidità di questo blocco, che diceasi pietra d'ammarratura, dipende la stabilità e durata del ponte, mentre tutto il sistema è affidato alla sua solidità e resistenza; X,X, sono due placche in ferro fuso di 0,50 di lunghezza, 0,25 di larghezza e 0,08 di grossezza; y,y, sono le due chiavi d'ammarratura. La fig. 9 rappresenta le dette chiavi vedute in faccia, quali sono situate nella groppiera P, della fig. 6. La fig. 10 indica il canapo OP della fig. 6, veduto in pianta. Se avviene che ritirando i canapi con lo stabilito ammassaggio, questi non ottenghino ugual tensione, allora si collocano delle biette fra le due chiavi e ciò fino al punto che il ritiro resulti regolare. La fig. 7 rappresenta il taglio in traverso del cilindro di flessione, collo-

cato alla sommità degli obelischi cioè; J, i canapi; K, il cilindro; M la lastra in ferro fuso quadrata, con lato di 0m,60 e grossa 0m,08; N la pietra quadrata, di lato 0m,80 e grossa 0m,40.

La fig. 2 rappresenta la pianta generale del ponte; PQ, RS, sono i muri di sostegno ai rinterri, quali vanno raccordandosi ai cosciali per mezzo di scarpature; a, b, c, d, indicano il ballatoio completato; e, a, f, c, il primo, tavolato in costruzione; g, e, h, f, le travette e l'incorrentato.

La fig. 3 rappresenta tutti i dettagli del ballatoio e del sistema di sospensione, secondo la sezione trasversale AB, della fig. 4; n, o, sono i cuscinetti; p, p, i mazzetti di filo di ferro di sospensione; q, q, i canapi.

La fig. 4 accenna l'elevazione dei parapetti; con r, s, nella detta figura, e nella figura 3, si accennano le cimase, le travette, i colonnelli ed il correntame, ec. riunito tutto l'assieme con il mezzo di chiavarde che passano da parte a parte, tanto nel senso trasversale che nella direzione dei colonnelli verticali.

Descrizione.

Lunghezza fra il vivo dei cosciali 56m,50. Larghezza fra i parapetti 3m,70.

Il ballatoio stabilito su queste dimensioni, è sopportato da quattro canapi in filo di ferro di numero 48; ogni canapo è formato da 308 fili, non che da 76 sostegni di otto fili ciascuno.

Il ballatoio è composto:

1.° Di 38 travette, alte 0m,22 larghe 0m,16.

2.° Di 4, ranghi di mezzoni stabiliti sopra le travette, ed aventi 0m,20 di altezza sopra 0m,16 di larghezza;

3.° Di due parapetti a croce di S. Andrea, di cui ciascuna branca, lunga 4m,75 larga 0m,13 grossa 0m,07 con i colonnelli lunghi 0m,82 sopra 0m,12 di squadratura.

4.° Di un primo ballatoio di 0m,07 di grossezza, inchiodato ed inchiavardato sulle travette.

Tutti questi legnami sono di quercia di prima qualità, squadrati a canti vivi, senza scorzature o magagno.

5.° Di un secondo ballatoio in legname di abeto di 0m,045

di grossezza. Questi due ballatoi l'uno sull'altro, sono per la parte destinata alle vetture.

6.° Di due marciapiedi, ognuno di 0^m,70 di larghezza, di tavole di quercia, grosse 0^m,045.

Gli obelischi sono in pietra da taglio della miglior qualità. Essi sono alti 6^m,40 e riposano sui cosciali di costruzione ordinaria e con inquadramenti di pietre da taglio.

I rinterri dei lati sono sostenuti dalle muraglie di pietra a secco, e si raccordano con i cosciali mediante una superficie a scarpatura, ed i pozzi d'ammarra costruiti in buon muramento sono situati alquanto distanti dagli obelischi, e nella situazione determinata dal prolungamento dei canapi di sostegno.

Resistenza dei cavi e dei mannetti di filo di ferro di sospensione.

Pesi della sospensione.

DESIGNAZIONE DELLE OPERE.	Longhez.	Larghez.	Groszess.	Cubo.	Peso.
Legnami.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	k.
38 travette di quercia di 4m,20. .	159.60	0.32	0.16	5.62	
4 ranghi di merzoni, in tutti. .	365.00	0.20	0.16	11.68	
144 braccia croce di Sant'Andrea di 1m,75	252.00	0.13	0.07	2.29	
72 colonnelli di 0m,82	59.00	0.12	0.12	0.85	
2 ranghi di cimasa al parapetto, ognuno di 56m,50	115.00	0.15	0.12	2.03	
4 ballatoi di mezzo	56.50	2.00	0.07	7.91	
2 marciapiedi di 56m,50.	115.00	0.70	0.044	3.46	
Cabatura del legname di quercia. .	"	"	"	35.54	
2 ballatoi di legname d'abeto . .	56.50	2.40	0.04	5.40	
33m,54 di legname di quercia pesano in ordine al prospetto sesto del Capitolo nono					25324.08
5m,40 di legname di abeto, pesano come sopra					2770.20
Totale peso dei legnami					51094.28
Ferri.	Longhez.	Sezione.	Cubo parziale.	Cubo totale.	
72 chiavarde dei parapetti ciascuna di 1m,60	115.20	0.00314	m. c.	m. c.	
144 chiavarde per merzoni, ognuna di 0m,50	72.00	0.00314	0.1110		
76 chiavarde uncinate di sospensione, ognuna di 0m,50	35.00	0.00314			
876 cavigliette, ognuna di 0m,15 . .	130.00	0.000025	0.0031	0.1256	
76 cuscineti, ciascuno di 0m,142. .	10.80	0.00090	0.00097		
7200 pante di n. 16; lunghe 0m,05. .	576.00	0.000076	0.0048		
0m,1286 di ferro peseranno, in ordine al prospetto terzo del capitolo nono. Sopracarico alla prova di 200 kilog. per metro quadrato. Il ponte è lungo 56m,50 largo 3m,70 dai che metri quadrati 209,05 che moltiplicati per 200 danno					1001.54
Tintura, incatramatura, umidità ed oscillazione prodotta dal vento . . .					41810.00
Peso che i mannetti di sostegno dovranno sopportare					3094.18
					77000.00

L'intiavolato essendo sostenuto da 76 mazzetti di filo di ferro fermati ai canapi ed al tavolato, in direzione verticale si avrà per il peso che ciascheduno dovrà sopportare al momento dell'esperimento

$$\frac{77000k}{76} = 1013k,16$$

La resistenza domandata in millimetri quadrati della sezione trasversale di un mazzetto di filo di ferro di numero 48 essendo 48 kilogrammi; si ha

$$\frac{1013k,16}{48} = 56mm,28 \text{ per la sezione di un mazzetto.}$$

Ed il filo di ferro di numero 48, avendo 8^{mm},702 quadrati di sezione; si avrà

$$\frac{56mm,28}{8,702} = 6 \text{ fili e } 47$$

Se si stabiliscono 8 fili per ciascun mazzetto di sospensione.

Si ottiene la lunghezza dei mazzetti con la seguente formula.

Elevando a quadrato la semicorda h , facendo $h=h^2$ e dividendo h^2 per la freccia f , si ha $\frac{h^2}{f}=x$; infine elevando a quadrato per ciaschedun mazzetto, l'ascissa che gli corrisponde y^2 , e dividendo per x , si avrà $\frac{y^2}{x}$ da calcolarsi separatamente per ogni mazzetto di sostegno.

Sia C , la corda della curvatura dei canapi = 58^m.

C' , la lunghezza del tavolato = 56^m,50.

f , la freccia della medesima curvatura dei canapi = 3^m,50.

f' , la freccia della curvità del tavolato = 0,50;

$a, a', a'',$ cc., le ascisse della curva dei canapi;

$b, b', b'',$ cc., le ascisse della curvità del tavolato.

s , il peso del metro lineare del filo di ferro.

$$\text{Facendo } \frac{\left(\frac{C}{2}\right)^3}{f} = y, \quad \frac{a^3}{y} = x + \frac{a^2}{y} = x' + \frac{a'^2}{y} = x'' \text{ cc. } \times s.$$

$$\text{Facendo in seguito } \frac{\left(\frac{C'}{2}\right)^3}{f} = y', \quad \frac{b^3}{y'} = x + \frac{b^2}{y'} = x' + \frac{b'^2}{y'} = x'' \text{ cc. } \times s.$$

Aggiungendo questi risultati uno ad uno più la costante di ogni mazzetto che è di 0^m,50, si ottiene la lunghezza di ogni mazzetto in particolare; con tal sistema è stato formato il prospetto che segue.

NUMERO dei mazzetti.	ALLUNGAMENTO per la curvatura		COSTANTE.	LUNGHEZZA totale.
	dei canapi. freccia 5.50.	del tavolato. freccia 0.50.		
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
1	"	"	0.50	0.500
2	0.025	0.0020	0.50	0.527
3	0.077	0.0073	0.50	0.584
4	0.157	0.0150	0.50	0.672
5	0.267	0.0250	0.50	0.790
6	0.404	0.0380	0.50	0.942
7	0.568	0.0540	0.50	1.122
8	0.763	0.072	0.50	1.335
9	0.988	0.093	0.50	1.581
10	1.236	0.116	0.50	1.862
11	1.516	0.1430	0.50	2.168
12	1.836	0.1720	0.50	2.507
13	2.198	0.2030	0.50	2.861
14	2.622	0.2360	0.50	3.260
15	2.914	0.2750	0.50	3.689
16	3.336	0.3140	0.50	4.160
17	3.784	0.3570	0.50	4.641
18	4.262	0.4020	0.50	5.166
19	9.943	0.4660	0.50	5.510
Lunghezza Totale dei 19 tondini.....				44.145

Dal riportato prospetto, noi abbiamo 49 mazzetti producenti insieme uniti 44m,464 di lunghezza ; 76 mazzetti simili daranno 476m,66 lineari del detto mazzetto, ed il suo peso sarà 44k,98 a forma del prospetto primo di questo Capitolo. Ed il peso totale dei sostegni, aventi ognuno otto fili, sarà 8 volte 44,98 = 95k,84 quale porteremo per comodo di calcolo a 400 kilogrammi, che uniti al peso del ballatoio già dedotto in kilog. 77000 produce il total peso di kilog. 77100 al quale i canapi dovranno resistere.

La sezione trasversale dei canapi è data a priori dalla formula

$$\omega = \frac{\pi h \sqrt{h^2 + 4f^2}}{2f - \sqrt{h^2 + 4f^2}}$$

In questa costruzione si hanno i seguenti dati :

Peso totale del ponte compreso il sopraccarico 77400k,00.

Essendo la lunghezza del ballatoio 56m,50 il suo peso sarà per metro corrente, $\pi = \frac{77400,00}{56,50} = 4364k,60$.

La distanza fra i punti d'appoggio essendo 58m,00 si ha $h = \frac{58}{2} = 29k,00$.

La freccia della curvatura dei canapi, $f = 5k,30$.

Il maximum di tensione dell'unità superficiale (1 metro) della sezione dei canapi $\epsilon = 48000000$ kilogrammi.

Il peso dell'unità di volume dei canapi (il metro cubo di ferro) $\sigma = 7788$ kilogr. (Capitolo IX, Prospetto 3°) queste quantità sostituite nella formula danno

$$\omega = \frac{4,466,623,832}{408,963,004} = 40,705 \text{ millimetri quadrati.}$$

Adottando per la conformazione dei canapi il n.° 48 come per i mazzetti dei sostegni, e la sezione essendo di 8mm,702 il numero dei fili di ferro che debbono resistere alla tensione sarà eguale a $\frac{40,705}{8,702} = 4230$ fili per i quattro canapi, ed il nu-

mero dei fili per ciascuno sarà $\frac{4230}{4} = 307,50$ che per comodo ridurremo a 308.

Si ottiene l'allungamento della parabola dei canapi, per la formula seguente, nella quale a , rappresenta l'allungamento.

Elevare a quadrati la freccia, prendere due volte questo prodotto, e dividere il risultato per tre volte la semicorda

$$a = \frac{f^2 \times 2}{3h} = \frac{(5,30)^2 \times 2}{3 \times 29} = \frac{58,30}{87} = 0,67.$$

La lunghezza totale dei canapi si decompone così:

Canapi di sospensione	corda	58,00
	allungamento della parabola	0,67
	pozzo di ammarra, e cosciale dritto. .	24,00
	pozzo di ammarra, e cosciale manco .	46,30
Lunghezza TOTALE		<u>98,97</u>

Ottiensi il peso dei canapi moltiplicando il numero dei fili 4230 per la lunghezza 98^m,97 e questo prodotto moltiplicando per il peso del metro lineare del filo di ferro prescelto; se si prenda il n.° 48 questo peso sarà 68 grammi; cioè

4230 × 98 ^m ,97 × 68g	8277,85	k.
Il peso dei mazzetti di sostegno è	95,84	k.
Per le legature dei canapi, con filo di n.° 40 ..	400,00	
Per le legature da spazio a spazio dei mazzetti di sostegno con del filo di ferro di n.° 2	5,00	
Peso TOTALE del filo di ferro. ...	<u>8478,69</u>	8478,69

Equilibrio degli obelisch.

Abbiamo trovato il total peso del ponte sopraccaricato ..	77000,00
Total peso che gli obelisch. avranno a sopportare	85478,69
Un obelisco sopporterà il quarto di questo peso	21369,67
Il cubo dell'obelisco è di 8 ^m ,03; il peso di un metro cubo di pietra da taglio, essendo di 3500 kilog. il peso di un obelisco sarà 8,03 × 3500	28405,00
TOTAL peso che sopporterà la base dell'obelisco.	<u>49474,67</u>

La base dell'obelisco essendo formata da un quadrato di 1m,50 di lato, forma un'area superficiale di 2250000 millimetri quadrati, e dividendo il peso totale di 49474,67 per questo numero ottienisi il peso, che per ogni millimetro quadrato sopporterà la base dell'obelisco in 22 grammi circa; e siccome le pietre di durezza media si schiacciano raramente sotto la pressione di 2 kilog. per millimetro quadrato, o di 2000 grammi (Capitolo IX, Prospetto secondo) ne risulta che gli obelischi sono stabiliti in tali condizioni, da non dovere sopportare le basi che circa il centesimo del peso capace allo schiacciamento delle pietre di cui sono formati.

Equilibrio dei pozzi di ammarra.

Un pozzo d'amarra deve fare resistenza al quarto del peso totale del ponte; cioè come per un obelisco 21369.67.

Sia dunque il pozzo di ammarra D, la di cui resistenza è rappresentata dal solido triangolare $(a b c \times 2m,00$ grossezza media del muro formante l'assieme).

Facendo l'operazione e sostituendo i valori si ha $\frac{40 \times 3,60}{2} \times 2 = a$ 36 metri cubi; e portando a 2000. kilogrammi il metro cubo, avremo 72000 kilog. per la resistenza reale di questo pozzo d'amarra. Si vede che esso è in condizioni tre volte più considerabili del peso che lo dovrebbe fare equilibrio.

Si giunge ugualmente a dimostrare che il pozzo C situato dal lato opposto, trovasi in condizioni analoghe di equilibrio.

In effetto la base, $e d$, ha 3m,70 su 2 metri; cioè 7400000 millimetri superficiali, e tutto lo sforzo si fa sul cilindro di flessione, che appoggiasi sopra la base medesima, esercitandovi la pressione di tutto il peso a cui deve fare equilibrio il pozzo d'amarra. Questo peso è 213694.67.

Se le si aggiungano 40,820 kilog. per il peso della cubità delle costruzioni che gravitano sulla base $e d$ avremo in tutto 621894.67, e dividendo questo peso totale per la superficie della

base, o per 7400000 millimetri, si ottiene lo sforzo esercitato sulla base stesso per ogni millimetro quadrato; cioè:

$$\frac{62189,67}{7400000} = 8 \text{ grammi circa per millim. quadrato.}$$

Si dimostrerebbe medesimamente che l'ammarraggio di questo pozzo C trovasi in una condizione di equilibrio egualmente soddisfacente.

Esaminiamo infine se le chiavi di ammarra trovansi in condizioni di equilibrio analoghe a quelle indicate per le costruzioni.

Le ammarre di ritegno sono formate in ogni pozzo da due chiavi in ferro XY fig. 6 ed II, II', fig. 9. Esse collocansi nelle rivolte P, fig. 6 e P', fig. 10. Ha ognuna 6 centimetri quadrati, ciò che porta la sezione per ambedue a $60^{\text{mm}} \times 2 = 7200$ millimetri $\times$ per 18 kilogrammi resistenza del ferro per millimetro quadrato = 429600 kilogr., per la resistenza reale a cui esse potrebbero fare equilibrio. Ma lo sforzo che tende a farlo rompere, non essendo che 213694,67 si vede che le ammarre sono in una condizione di equilibrio, sei volte superiore alla condizione di equilibrio effettiva, in modo che il ferro delle chiavi di ammarra non è sottoposto che ad una tensione di 3 kilogrammi circa per millimetro quadrato in luogo di 18 kilogrammi.

Per completare il nostro studio sul mentovato soggetto, passiamo ad esporre la misurazione e la valutazione generale di tutti i lavori che compongono l'opera del ponte sospeso.

Misurazione delle opere murarie.

NATURA DELLE COSTRUZIONI	DIMENSIONI.	SUPERFIC.	CUBATURA.	CUBATURA delle costruzioni			FILARETTO di cava.	STERRI.
				ordin. rie.	pietra forte.	pietra da taglio.		
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
Marcia piede inferiore	Lunghezza . 15.00 Larghezza . 0.666 Altezza	10.00 4.20	42.00	"	42.00			
Corona in pietra da taglio	Lungh. . . 45.00 Largh. . . 0.50 Alt.	7.50 0.40	3.00	"		3.00		
Imbasamento di filaretto posto sotto i cosciali.								
Cosciale diritto . .	Lungh. . . 9.00 Largh. . . 9.00 Alt.	81.00 2.00	162.00	"			162.00	
Cosciale manco. . .	Lungh. . . 9.00 Largh. . . 5.00 Alt.	45.00 2.00	90.00	"			90.00	
Un cosciale.								
Fondazioni alla 1 ^a risega	Lung. . . 7.00 Larg. . . 3.00 Alt.	21.00 1.50	31.50					
Fondazioni alla 2 ^a risega	Lungh. . . 6.25 Largh. . . 2.25 Alt.	14.06 4.00	56.24					
TOTALE			87.74					
Per un'altra simile			87.74					
TOTALE per 2 cosciali			175.48					
Si detrae la cubatura della pietra da ta- taglio	Lungh. . . 18.00 Larg. . . 0.60 Alt.	4.32 0.40	8.64	"		8.64		
Per un'altra simile		4.32						
Resta muram. ordinario			166.84	166.84				
Riporto				166.84	42.00	11.64	252.00	

Seguito della Misurazione delle opere murarie.

NATURA DELLE COSTRUZIONI.	DIMENSIONI.	SUPERFICI.	CUBATURA.	CUBATURA delle costruzioni			FILARETTO di testa	STERRI.
				ordina- rie.	pietra forte.	pietra da taglio.		
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
<i>Riporto</i>				166.84	42.00	11.64	252.00	0
Un obelisco.								
Primo zoccolo	Lungh. . 4.60 Largh. . 1.60 Alt. . . .	2.56 1.00	2.56					
Seconda parte	Lungh. . 1.00 Largh. . 1.00 Alt. . . .	1.00 5.30	5.30					
Terza parte; guglia.	$0.50 \times 0.80 \times 0.80 =$ 2		0.16					
TOTALE			8.42			32.48		
Per altri tre simili			24.36					
Pozzo D; riva maned.								
Prima parte NOPQ.	Lungh. . 2.50 Largh. . 2.00 Alt. . . .	5.00 1.70	8.50					
Seconda parte. R s t u r	Lungh. . 6.80 Largh. . 2.00 Alt. . . .	13.00 1.80	25.40					
TOTALE			31.90					
Terza parte. D e X	Lungh. . 5.90 Largh. . 1.00 Alt. . . .	1.77						
Pietra d'ammarna.	Lungh. . 1.50 Largh. . 1.00 Ala. . . .	0.60						
TOTALE		2.37				4.74		
Per uno simile		3.37						
<i>Riporto</i>				166.84	42.00	48.86	252.00	0

Seguito della Misurazione delle opere murarie.

NATURA DELLE COSTRUZIONI.	DIMENSIONI.	SUPERFICI.	CUBATURA.	CUBATURA delle costruzioni			FILARETTO di cava.	STERRI.
				ordinaria.	pietra forte.	pietra da taglio.		
<i>Riporto</i>	nl. c.	mq. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
Vuoti da dedurre.				166.84	42.00	48.86	262.00	"
Gola N°	Lungh. . 2.40 Largh. . 0.50 Alt. . . 2.00	2.40						
Discesa e camera U, P.	Lungh. . 2.70 Largh. . 0.75 Alt. . . 0.75	1.52	4.79					
Discesa e gola	Lungh. . 7.00 Largh. . 0.50 Alt. . . 0.25	0.57						
Resta per muram. ord.		"	27.14	54.28				
Per un pozzo simile . .		"	27.14					
Pozzo C; riva dritta.								
Contraforti, d, e, m, n.	Lungh. . 2.10 Largh. . 2.00 Alt. . . 2.50	4.20	10.50					
Corpo; a, b, c, e . . .	Lungh. . 3.00 Largh. . 2.00 Alt. . . 5.00	6.00	30.00					
TOTALE		"	40.50					
Vuoti da dedurre.								
Gola	Lungh. . 5.00 Largh. . 0.50 Alt. . . 0.25	0.63	4.01					
Discesa e camera . . .	Lungh. . 6.00 Largh. . 0.75 Alt. . . 0.75	2.38						
Restano		"	36.49					
Pietra da taglio da dedurre al punto di resistenza del cilindro di flessione	Lungh. . 2.50 Largh. . 1.50 Alt. . . 1.00	3.75						
Pietra d'ammorra . . .	Lungh. . 1.50 Largh. . 1.00 Alt. . . 0.40	0.60						
Resta per muram. ord.		"	32.14	64.28				
Per un altro simile . .		"	32.14					
<i>Riporto</i>				286.34	42.00	53.21	262.00	"

Seguito della Misurazione delle opere murarie.

NATURA DELLE COSTRUZIONI.	DIMENSIONI.	SUPERFICI. m. c.	CUBATURA. m. c.	CUBATURA delle costruzioni			FILARETTO di cava.	STERMI.
				ordina- rie.	pietra forte.	pietra da taglio.		
<i>Riporto</i>	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
Fondo del pozzo C in pietra da taglio	Length. 10.50 Largh. 0.50 Alt.	5.25 0.30	1.57	285.34	42.90	53.24	252.00	"
Per uno simile . . .	"	"	1.55	"	"	3.15	"	"
Cosciale dritto; muro di sostegno in pietra for- te	Length. 5.00 Largh. 6.00 Alt.	30.00 0.50	15.00	"	30.00	"	"	"
Per uno simile . . .	"	"	15.00	"	"	"	"	"
Idem. - Panchina in muramento ordinario	Length. 6.00 Largh. 1.00 Alt.	5.00 0.30	1.50	3.00	"	"	"	"
Per uno simile . . .	"	"	1.50	"	"	"	"	"
Cosciale anseo; muro di sostegno in pietra forte	Length. 3.00 Largh. 5.00 Alt.	15.00 0.50	7.50	"	15.00	"	"	"
Per uno simile . . .	"	"	7.50	"	"	"	"	"
Cosciale manco; pan- china in muramento ordinario	Length. 3.00 Largh. 1.00 Alt.	3.00 0.30	0.90	1.80	"	"	"	"
Per uno simile . . .	"	"	0.90	"	"	"	"	"
Cosciale dritto; rin- terri	Length. 15.00 Largh. 10.00 Alt.	150.00 4.00	600.00	"	"	"	"	860.00
Cosciale manco; rin- terri	Length. 13.00 Largh. 10.00 Alt.	130.00 2.00	260.00	"	"	"	"	"
Spianatura della pietra da taglio a 3 metri superficiali per metro cubo . . .	"	"	169.08	"	"	"	"	"
Misura superficiale del taglio	"	"	169.08	"	"	"	"	"
Cubatura di filaretto ordinario . . .	"	"	"	290.14	"	"	"	"
Idem di pietra forte	"	"	"	"	87.00	"	"	"
Idem di pietra da taglio	"	"	"	"	"	56.36	"	"
Idem di filaretto di cava	"	"	"	"	"	"	252.00	"
Idem dei rinterri	"	"	"	"	"	"	"	860.00
TOTALE generale								

Misurazione delle tinture ad olio cotto.

INDICAZIONE delle opere.	DETTAGLIO e designazione dei pezzi.	LUNGHEZZA.	SVILUPPO della fante.	SUPERFICIE	
				parziale.	totale.
		m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
Misurazione di una passinista dell'intavolato.	1 travetta	4.20	0.76	3.19	
	4 traversoni	6.00	0.72	4.32	
	2 croci di S. Andrea	7.00	0.39	2.73	
	2 soccoli	1.70	0.48	0.82	
	2 cimase	3.00	0.56	1.68	
	TOTALE di una passinista	"	"	12.74	
	E per 36 passiniste simili	"	"	458.64	
	TOTALE di tutto l'intavolato	"	"	471.38	471.38
Canspi	1 canspo	100.00	0.25	25.00	
	3 simili	300.00	0.25	75.00	
	TOTALE dei 4 canspi	"	"	100.00	100.00
	Mazzetti di sospensione N. 72	175.65	0.06	11.00	41.00
	TOTALE generale della tintura ad olio a tre mani ed a bianco di zinco	"	"	"	582.38
	lacstrumatura tutto il primo ballatoio	36.50	4.14	"	233.91

N. B. La misurazione dei legnami e dei ferri trovasi indicata nel prospetto antecedente del peso della sospensione.

Valutazione.

INDICAZIONE E NATURA DELLE OPERE.	MONTANTE	
	per articoli.	totale.
Fabbriche e Sterramenti.	fr. c.	fr. c.
169.08 metri superficiali di taglio a fr. 4 l'uno (vedi il prospetto di N. 4)	676.32	
290.14 metri cubi di fiametto ordinario, a fr. 10 l'uno (vedi c. s.)	2901.40	
82.00 Metri cubi di pietra forte a fr. 6 l'uno (vedi c. s.)	522.00	
56.36 Metri cubi di pietra da taglio a fr. 60 l'uno (vedi c. s.)	3381.60	
252.00 Metri cubi di fiametto di cava a fr. 4 l'uno (vedi c. s.)	4008.00	
560.00 Metri cubi di riesterri a fr. 0.60 l'uno (vedi c. s.)	516.00	
TOTALE	9005.32	9005.32
Intavolato.		
53.84 Metri cubi di legname di quercia portato al posto, a fr. 100.00 l'uno (vedi al prospetto di N. 2).	3381.00	
5.40 Metri cubi di legname di abete portato al posto, a fr. 100.00 l'uno (vedi c. s.)	540.00	
1001.00 Kilogrammi di ferro battuto, portato al posto, a fr. 1.00 il kilog. (vedi c. s.)	1001.00	
582.38 Metri superficiali di tintura a olio a tra mani, a fr. 4.00 l'uno (vedi prospetto N. 6)	252.38	
233.96 Metri superficiali di inestramatura a fr. 0.50 l'uno (vedi c. s.)	416.95	
TOTALE	5624.33	5624.33
Sospensione.		
8478.69 Kilogrammi di filo di ferro a fr. 4.00 l'uno (vedi il prospetto di N. 2)	8478.69	
1500.00 Kilog. per 6 cilindri di flessione, 6 placche di supporto, 8 placche d'ammarra, il tutto in ferro fuso a fr. 40.00 i 100 kilog.	600.00	
150.00 Kilog. di ferro battuto, per le chiavi d'ammarra e le biette, a fr. 0.80 l'uno	120.00	
411.00 Metri superficiali di tintura in uovo a tre mani per la fusione a fr. 0.75 l'uno.	53.25	
TOTALE	9281.94	9281.94
Indennità del terreno occupato per i caselli e i dintorni del ponte		2000.00
TOTALE		25911.59
Somma da addebitarsi per casi impreveduti.		4035.41
TOTALE generale		27000.00

Abbiamo veduto che il ponte di che trattasi ha 56^m,50 di apertura fra vivo e vivo dei cosciali, e che ascendo in tutto alla somma di fr. 27000. Se noi dividiamo questo numero per 56,50 avremo il prezzo del metro corrente in fr. 478. Tutti i costruttori sono d'accordo nell'indicare il prezzo medio del metro corrente dei ponti senza baratto, siccome quello che ci occupa dai 500 ai 600 franchi, comprese le spese di fondazione, e per i ponti con baratto (6 metri fra i parapetti) indicano per metro corrente la somma dai 750 ai 900 franchi.

In Toscana ove specialmente le opere di muramento possono ottenersi a prezzi vistosamente minori, tutte le valutazioni indicate potrebbero essere suscettibili di una riduzione in meno, quindi lo studio offerto, come tutti gli altri ove figurano delle valutazioni, sono da ritenersi come proporzionali e soltanto destinate a servire di modelli.

Considerazioni particolari.

Per fare con intelligenza lo studio di un ponte sospeso, è essenziale di formare diverse combinazioni che abbiano per oggetto l'economia della spesa, l'eleganza e la più gran solidità nelle costruzioni.

Le difficoltà del terreno, la rapidità delle correnti nel tempo delle grandi inondazioni, ed il cattivo sottosuolo per bene stabilire le basi degli obelischi nel letto dei fiumi e dei torrenti, sono i primi punti che devono esser presi in esame con attenzione, affine di essere chiari sui vantaggi o sugli inconvenienti dell'opera che debbe essere eseguita.

Le maggiori aperture comunemente adottate sono di circa 200 metri; però è succeduto alcuna volta, che per traversare dei precipizii dirupati fra due montagne, si sono gettati fra queste, dei ponti ancora di 500 metri di apertura. Ma tali casi sono eccessivamente rari a cagione della enorme spesa della sospensione, e dei danni a cui simili opere possono rimanere soggette nei grandi temporali. I canapi per un'apertura di 500 metri, calcolati sopra le basi che abbiamo stabilito, o che sono invariabili, contengono 785000 kilogrammi di filo di ferro.

I ponti sospesi che non oltrepassano i 200 metri di apertura hanno il gran vantaggio di non rendere impedita la navigazione, e di non ispirare timori al tempo delle grandi inondazioni relativamente al cedimento e rovesciamento delle basi degli obelischi; ma le spese di sospensione e di ritegno aumentano in ragione doppia dell'apertura, ed in questi casi occorre bene studiare, se la spesa di una pila che si economizza, compensa od è minore del soprappiù della sospensione.

Così per esempio, se si hanno due aperture di 100 metri ciascuna, e che vogliasi sopprimere la pila intermedia per non fare che una traversata di 200 metri, si deve contare sul doppio del filo di ferro per la conformazione dei nuovi canapi. In effetto, nel primo caso, i canapi calcolati alla tensione di 48 kilogrammi per millimetro quadrato, non sostengono che un'apertura o la metà del peso del ponte; se dunque non si faccia che una sola apertura, allora i canapi dovranno sostenere il doppio del peso, e si troveranno a una tensione di 36 kilogrammi per millimetro quadrato; bisogna dunque, acciò non oltrepassino la tensione di 48 kilogrammi per millimetro quadrato, aumentarli esattamente del doppio. Si calcola per media a 25000 kilogr. la sospensione di un'apertura di 100 metri; e per due aperture simile 50000 kilogr. mentre che per un'apertura di 200 metri occorrono 100000 kilogr. di filo di ferro.

Vedesi in questo esempio che la soppressione della pila intermedia, produce un aumento nella sospensione di 50,000 kilogr. per approssimazione 50,000 franchi, mentre che una pila nella posizione ordinaria non oltrepassa i 20000 od i 25000 franchi di spesa di costruzione, cosicchè è chiaro che può ottenersi molta economia, ove la situazione lo comporti, nel determinarsi a formare due aperture in luogo di una sola.

Per risolvere ogni sorta di problemi relativamente a queste costruzioni, non si ha che bene penetrarsi dello tre formule che abbiamo stabilite di seguito al prospetto secondo e terzo, e che noi qui riproduciamo sbarazzate di tutti i dettagli del calcolo.

Ottensi la lunghezza dei mazzetti di filo di ferro di sospensione, con elevare a quadrato la semicorda, $h = h^2$, e con di-

vedere A^2 per la freccia, $f = x$ cioè $\frac{h^2}{f} = x$ infine elevando a quadrato per ciaschedun sostegno l'ascissa che gli corrisponde (y^2 e dividendo per x) cioè $\frac{y^2}{x}$.

La sezione trasversale dei canapi è data a priori dalla formula

$$w = \frac{\pi h \sqrt{h^2 + 4f^2}}{2f - \sigma \sqrt{h^2 + 4f^2}}$$

L'allungamento dei canapi prodotto dalla parabola è dato dalla formula

$$a = \frac{f^2 \times 2}{3h}$$

Di seguito agli elementi della formula seconda, devo rimarcarsi che più la faccia della curvatura sarà piccola, più la tensione sarà maggiore, ed occorrerà più filo di ferro per mettere i canapi in equilibrio con la potenza, ma altresì avrassi maggiore rigidità nella sospensione. Deve sempre essere tenuto per limite della freccia della curvatura dei canapi dal 40.00 al 45.00 della corda compresa fra l'asse dei supporti.

Devesi quanto è possibile fare in maniera che la direzione dei canapi, dei supporti e dei ritegni, formi con l'orizzonte due angoli eguali, e quando uno di questi angoli per circostanze da non potersi evitare, sia per risultare maggiore, la differenza non potrà comportarsi che piccolissima, e tale che lasci sempre la risultante dentro al piede del supporto; poichè se avvenisse che la risultante, ossia il prolungamento della linea che divide per metà la totalità dell'angolo formato dal canapo e dal ritegno, venisse a cadere al di fuori del piede del supporto, allora rimarrebbe distrutto l'equilibrio essenziale a questo genere di meccanismo, e gli obelisci resterebbero trascinati ed inevitabilmente rovesciati dal peso del ponte. Questo è lo scoglio che tutti i costruttori si studiano di evitare dando una maggior base ai supporti e disponendo più in addietro il centro di gravità dei cilindri acciò la risultante non sorta mai da piede degli obelisci.

CAPITOLO XXI.

DELLE STRADE FERRATE.

Descrizioni.

Le strade a rotaie di ferro soddisfano al trasporto dei viaggiatori e delle mercanzie, con minore spesa e con più speditezza di ogn'altro ordinario sistema di transito conosciuto fino a questo giorno.

Si distinguono tre sorte di strade ferrate: 1.^a quelle provvisorie che gli intraprenditori di pubblici lavori, ed altri industriali stabiliscono nei loro cantieri ed officine. 2.^a I *Railways* o strade ferrate destinate al trasporto delle mercanzie. 3.^a Le strade ferrate stabilite per il trasporto dei viaggiatori. Tutti questi sistemi di transito, variano sovente la loro destinazione secondo il modo con il quale vengono costruiti, ed in ordine al metodo con cui sono tracciati.

I primi, che non sono che di un uso temporario consistono in barre di ferro a *maréchale méplat* (rivolte alquanto schiacciate) posate di seguito testata a testata, sopra delle traverse di legname corredate di intaccature per riceverle, profonde 0^m,03 ovvero 0^m,04 circa, ed a forma della larghezza delle barre che sono mantenute fisse nella loro normale posizione, con il mezzo di biette in legname di quercia. Con tale apparato si formano due linee parallele di circa un metro di distanza.

I *Railways* destinati al trasporto delle mercanzie, sono stati principalmente stabiliti per il servizio delle miniere di carbon

fossile. Quello di Saint-Etienne è di questo numero; abbenchè sodisfi al doppio oggetto, del trasporto delle mercanzie e di quello dei passeggiere.

La distanza fra i lati interni delle barre, non potrà essere maggiore di 4m,56 come la distanza fra due strade, non dovrà essere giammai minore di 4m,80, tranne al passaggio dei tunnel e dei ponti, ove quest'ultima dimensione potrà essere ridotta a 4m,44.

Gli allineamenti dovranno sovente riunirsi con delle curve, di cui il minimo raggio è fissato a 1000 metri e nel caso di dovere adottare questo minimo raggio, gli allineamenti dovranno, per quanto è possibile, operarsi conservando tutto il tratto scevro di pendenza.

Può essere qualche volta derogato a queste prescrizioni, ma ciò non può essere che in un piccolissimo numero di casi, ed allorchè la disposizione dei luoghi non permette di fare altrimenti. In tutte le stazioni delle città, borghi e villaggi che sono traversati dalle strade di ferro, trovansi delle guardie destinate a regolare l'arrivo e la partenza dei convogli. Il numero e le incombenze di queste guardie, stanno subordinate all'affluenza dei passeggeri e delle mercanzie da transitare; gli incrociamenti di livello, sono tollerati per le strade vicinali, rurali e particolari.

Allorchè la via a rotaie di ferro, dovrà passare al disopra di una strada maestra, l'apertura del ponte sarà della medesima larghezza della strada traversata; l'altezza sotto la chiave, a partire dal piano stradale, sarà almeno di 5m,00; la larghezza fra i parapetti 7m,00; e l'altezza di questi medesimi parapetti, sarà di 4m,30.

Allorchè la strada di ferro, dovrà passare al disotto di una pubblica strada, la larghezza fra i parapetti del ponte che supporterà il sistema delle rotaie, dovrà stabilirsi almeno di 12m,00 per una via maestra di prima importanza, e potrà restringersi fino al limite di 6m,00 allorchè si tratti di strade vicinali.

Allorchè la strada di ferro traverserà un fiume, un canale, o un corso d'acqua qualunque, il ponte avrà la larghezza della strada, e l'altezza dei parapetti sarà di 4m,30 come altrove

abbiamo indicato. L'apertura dello sbocco, e l'altezza sotto la chiave dell'arco del livello delle basse acque, dovranno determinarsi dietro l'esame delle maggiori inondazioni verificatesi nel fiume, torrente o rio che dovesse essere traversato.

Tutti i ponti saranno o di costruzione, o di ferro, o di ferro fuso; i ponti sospesi non possono adottarsi a cagione della loro mobilità e delle loro perpetue oscillazioni.

Nel caso in cui le strade vicinali e rurali fossero attraversate al loro stesso livello, le rotaie in ferro, non potranno essere elevate al disopra, o abbassate al disotto della superficie di queste strade, al di là di 0^m,03; inoltre le rotaie dovranno essere disposte in maniera da non presentare ostacolo alcuno alla circolazione. Dei cancelli vengono stabiliti da ciascun lato della via ferrata, ed un custode è destinato alla sorveglianza dei medesimi.

Le strade ferrate hanno otto metri di larghezza, non compresi i fossati, quali hanno da uno a due metri di gola, secondo la quantità dell'acqua cui sono destinati a sfogare.

Le opere d'arte che esigono in generale le strade ferrate, sono analoghe a quelle già indicate per le strade ordinarie.

Credesi inutile di intessere l'istoria dei diversi sistemi di guide che sonosi adottate fino all'attualità, ma invece ci tratteremo a parlare di quelle presentemente prescelte, perchè riconosciute le migliori dai confronti e dall'esperienza.

Dopo che i terrapieni, i fossati, le panchine, le massicciate e le altre opere d'arte sono terminate si procede alla disposizione delle guide.

Le guide hanno in generale 4^m,55 di lunghezza, conservando in ogni punto la medesima sezione trasversale a doppio astragalo, ed essendo sopportate da dei cuscinetti in ferro fuso fissati sopra dei traversoni in legname di quercia, con il mezzo di cavigliette di ferro (fig. 8, AA', Tavola XIII). Le guide sono innestate nelle loro sezioni di testata, ed il punto d'innesto corrisponde alla metà di un cuscinetto, nel quale sono perfettamente poste a stretta, col mezzo di due biette, situate da ambedue i lati delle guide.

Le guide formano ognuna cinque divisioni di 0^m,91 e pe-

sano circa 49 kilogrammi il metro corrente. Il seguente prospetto indica il loro grado di forza di coesione e la flessione che hanno provata sotto diversi pesi.

PESO nel metro.	LA GUIDA FISSA			
	sotto i cuscinetti		sui due cuscinetti di mezzo	
	flessio totale.	flessio permanente.	flessio totale.	flessio permanente.
	mm.	mm.	mm.	mm.
850	0.2	0.0	0.2	0.0
1.700	0.3	0.0	0.4	0.0
3.400	0.6	0.0	0.9	0.0
4.250	0.8	0.0	1.2	0.0
5.100	1.0	0.0	1.4	0.4
5.900	1.2	0.1	1.7	0.2
8.500	1.7	0.2	2.9	2.0

Il prezzo del ferro fuso e del ferro malleabile essendo presso a poco in ragione inversa delle quantità delle materie contenute in un metro corrente di guida, vi ha sotto questo rapporto quasi eguaglianza di spesa.

Avanti di situare le guide al posto, è necessario di sottoporle all'esperimento. Le guide siccome sono state descritte, sottamesse alla prova di 2000 kilog. cadenti da 0m,70 di altezza, non devono giammai rompersi; ma è impossibile che esse non provino sotto questo urto, che ha luogo al mezzo degli appoggi che trovansi alla distanza di 0m,94 l'uno dall'altro, una

curvatura la di cui freccia è di 0,004 a 0,003. Si raddrizzano quanto è possibile senza il mezzo del fuoco: se ne esperimenta ordinariamente qualcheduna, allo scopo di assicurarsi della forza di coesione del ferro e della sua buona qualità. Si è trovato utile di dare alle guide, la forma di una barra conterminata da ambo i lati da superficie tondeggianti formata a guisa di fungo; allorchè la superficie esposta all'attrito delle ruote osservasi consunta, e che il ferro comincia a sfogliarsi, si rivolta la guida, esponendo all'attrito delle ruote il lato non consunto, utilizzandola in tal modo, per un tempo quasi uguale a quello del primo impiego.

Il seguente prospetto indica le principali dimensioni di varie guide inglesi e francesi.

Dimensioni principali di varie guide.

STRADA DI	DISTANZA degli appoggi.	ALTEZZA.	LARGHEZZA		L'UNGHEZZA della guida.	PESO	
			massima.	minima.		di un metro.	dei vagoni o locomotive.
Guide in ferro malleabile.	m. e.	mm.	mm.	mm.	m. e.	k. g.	k.
Lyon.	0.94-0.75	75	46	14	4.57	13.20	7000
Rosune	0.82-0.71	75	46	14	5.00	13.20	7000
Épinae	1.00	80	43	12	5.00	11.00	3600
Dernaie	1.00	80	48	13	"	13.20	4600
Darlington . .	0.91	85-56	55	14	4.56	14.00	8000
Liverpool . . .	0.91	160	55	15	4.56	17.00	11500
Shelen-Runcorn	0.91	92	55	18	4.56	19.50	8000
Leeds et Selby .	0.91	100	58	13	4.56	21.80	"
Sunderland . .	0.91	97	49	13	4.56	14.50	4000
Redruth	0.91	80	30	16	"	12.70	2000
Wrexham	1.15	80	40	20	4.60	14.00	2500
Guide in ferro fuso.							
Andréleux . . .	1.14	143-70	50	20	1.20	21.70	3800
Darlington Helton	1.15	145-80	55	13	1.20	22.00	8000
Newcastle . . .	1.16	"	40	"	1.22	20.80	4000
Middletou . . .	0.92	120-90	51	19	0.92	19.80	5500

Le guide devono sempre conservare la loro altezza il loro parallelismo, ed il loro preciso attestamento delle giunture; con-

dizioni essenziali sono queste per ottenere nei convogli un movimento agile ed esente da scosse, condizione che è più difficile ad ottenersi, a misura che aumenta il peso dei vagoni e che la velocità diviene maggiore.

Questa disposizione normale ed uniforme dipende incontestabilmente dalle precauzioni che vengono prese nel consolidamento e pestatura del terreno, e principalmente dalla diligenza impiegata a situare con accurato livello i traversoni di quercia che ricevono i cuscinetti, quali devono essere solidamente fissati, e disposti paralleli fra loro, onde determinare il viale. Per conseguire l'importante intento, che la disposizione delle guide resulti equidistante, ed obbedisca in ogni senso alla sua normal pendenza e direzione, è necessario affidarsi a dei manifattori abili ed estremamente diligenti, facendoli sorvegliare da un capoceca che insieme ad una opacità sperimentata possessa il sentimento dell'amor proprio per la buona riuscita dei lavori affidateli. Soltanto uomini dotati di un'intelligenza più che ordinaria e resi abili da lunga esperienza, potranno pervenire a sormontare le difficoltà che tratto tratto incontransi in questo genere di importantissimo lavoro, ed è per questo che tali lavoranti sono tenuti in gran pregio e reputazione.

**Formazione di un railway e viale a guide di ferro
destinato al transito delle mercanzie.**

Per formare un viale, si acconciano i traversoni di legname di quercia purgato, perfettamente sano, e privo di magagne e cavernosità. La loro lunghezza è subordinata alla larghezza del viale. In generale qualunque siasi questa larghezza i traversoni devono avere 0m,25 al di fuori dell'asse di ogni guida che sopportano. Si collocano due cuscinetti per ogni traversone, disponendoli esattamente nella direzione del viale, e fissandoli solidamente con delle cavigliette di ferro. Compita questa operazione, si trasportano sul luogo dell'impiego i traversoni e le guide; si comprime e livella bene il terreno: si collocano i traversoni bene spianati e livellati, pestandoli fintantochè giunghino a conseguire una rigorosa posizione di livello, ossia vero una inclinazione, in armonia

con la pendenza generale del tratto stradale a cui appartengono; dopo il collocamento di una certa quantità di traversoni, procedesi alla disposizione delle guide che fissansi solidamente nei cuscinetti col mezzo di biette in legname di quercia; avanti di porre in opera le guide, occorre assicurarsi della loro esatta conformazione rettilinea, perchè le scosse che riceverebbero nel passaggio dei convogli, essendo le guide ondulate, potrebbero facilmente scomporre con pericolo dei convogli medesimi. Un incudine fatta percorrere lungo il tragitto, serve a raddrizzare a freddo quelle guide che ne avessero bisogno.

Al punto ove due guide si riuniscono, bisogna che le giunture sieno disposte in modo da non presentare ostacolo veruno al libero passaggio delle ruote, ed è all'estremità comune di due guide dove è da prendersi ogni più diligente cura, onde consolidarle sui cuscinetti comuni, in maniera che non presentino nè asprezze nè risalti di sorte al punto di congiunzione.

Deve aversi cura, disponendo le guide di non farle toccare con le testate, ma occorre lasciare una sufficiente distanza per la dilatazione: l'allungamento non può giammai eccedere di 0,002m

a 0,003m per ogni guida di 4m,56 ($40^{\circ} \times 4,56 \times \frac{1}{100 \times 849} = 0,002m$)

supponendo che il collocamento delle guide abbia avuto luogo a zero gradi di calore, e che il ferro non si scaldi al di là di quaranta gradi, nei grandi calori dell'estate. Per ottenere la maggior possibile stabilità si disporranno le guide in modo che i punti d'innestamento risultino alternati fra le guide del medesimo viale.

La larghezza del viale, dipende da quella dei vagoni dai quali vuol farsi percorrere.

Vi sono delle strade ferrate ad una sola via; in questo caso si è obbligati di stabilire di distanza in distanza, delle porzioni o tratti a doppia via per l'incrociamiento dei vagoni, diretti in senso contrario, o indirizzati nella stessa direzione ma con differente velocità. La lunghezza delle crociere è subordinata alla lunghezza totale dei convogli. Si conteggia nelle previsioni, dal decimo al quindicesimo di più, in lunghezza per le crociere.

Nell'esecuzione dei terrapieni ed opere di arte, si effettuano quasi tutti i trasporti per mezzo di rotaie collocate provvisoriamente; un tal modo di trasporto diminuisce molto la spesa, ed imprime della celerità ai lavori.

Immediatamente alle stazioni, occorre sempre aggiungere delle vie particolari per la deviazione e fermata dei vagoni dei quali si aumenta o diminuisce il numero secondo il bisogno. Queste vie secondarie sono in ragione dell'importanza delle stazioni a cui servono, e sono sempre divergenti dalla linea stradale. In prossimità delle stazioni, e nelle stazioni stesse, trovansi disposte le piattaforme che servono, girando sul pernio, a spostare le locomotive ed anche i vagoni, facendole subire la rivoluzione di una metà o di una quarta di cerchio, e così voltandoli nella direzione delle rotaie nelle quali devono imboccare. Le figure 1, 2, e 3, Tavola XIII, rappresentano la pianta, la sezione, e l'elevazione di una piattaforma.

Per passare da una via all'altra (fig. 4) si praticano delle curve di raccordamento che non sono sempre tangenti alle linee principali; bisogna che gli angoli non facciano provare ai vagoni un cambiamento troppo brusco di direzione: questi angoli possono giungere al valore di tre a sei gradi, secondo la larghezza delle ruote dei vagoni, e del ravvicinamento conseguente delle rotaie. Il cambiamento di via si effettua per mezzo di porzioni di guide mobili intorno ad un centro, chiamato *switches* o *imperniatura*, e che sono tenute alla distanza dalla via, da delle traverse formanti connessione con le *imperniature* medesime (fig. 4, Tavola XIII).

L'asta T è collegata alle porzioni MN, delle guide giranti sopra un asse o pernio; una leva con manubrio L serve ad operare il movimento delle dette porzioni di guide, con il mezzo di un meccanismo chiamato *eccentrico*. La fig. 8 rappresenta il taglio sull'asse, di un traversone di quercia. Le lettere AA' indicano le guide a doppia testata; BB' i cuscinetti di ferro fuso; E, F, G, H, le cavigliette in ferro battuto, il tutto connesso fortemente con il traversone di quercia IK.

Allorchè il railway traversa una strada a livello, si collocano le guide fra due placche di ferro fuso, o due tavole di quer-

cia; o infine fra due ranghi di pietre forti, lasciando fra loro e le guide, circa 0,03 di vuoto. Queste placche, tavole o pietre, la di cui superficie superiore, stà nel piano stesso del di sopra dello guide, servono a ritenere la massicciata della via o terrapieno, ed a proteggere le guide dall'urto delle ruote delle carrette o vetture che devono passare a traverso delle guide stesse (fig. 5).

Nella costruzione delle strade di ferro, occorre qualche volta di forare le colline, di elevare dei viadotti al disopra delle vallate: queste costruzioni esigono la medesima soggezione che per le strade comuni e per i canali, di cui in avanti è stato parlato; in questo luogo ci limiteremo a stabilire la larghezza da darsi a tali opere, correlativamente alla loro natura ed alla loro importanza di viabilità. Allorchè la linea stradale ove occorre lo sterro, oltrepassa 45 metri, resulterà sempre vantaggioso di praticare un tunnel. Il più grande sterro conosciuto è quello di Newcastle a Carlisle in Inghilterra; esso ha 38 metri di profondità. La fig. 6 rappresenta uno sterro di 45 metri di profondità. Se si tratta di un railway da trasporto di mercanzie, ad un sol cammino, 0m,50 di larghezza, sono sufficienti da ciaschedun lato dei vagoni, comechè una medesima altezza al disopra di quella dei vagoni stessi, come nel tunnel di Preston e di Terra-nera.

Se il tunnel è per il trasporto dei viaggiatori, occorre un metro di larghezza fra le pareti delle diligenze ed i più diritti delle volte. Il tunnel di Liverpool ha 7,30 di larghezza per due vie, ed 4m,05 d'intervallo fra i cuscinetti ed i più diritti. Un tunnel è una galleria che scavasi sotto terra, tutta le volte che il livello della strada di ferro, esige una escavazione o sterro-tropo profondo per praticare un taglio, ossipure allorchè vuolsi lasciare intatto un monumento, un quartiere di città ec. I tunnel sono interamente rivestiti di costruzioni, ammenochè non sieno forati nel masso; e perchè possino le costruzioni resistere alla spinta delle terre, sogliono formarsi con le volte che spinghino contro altre volte rovesciate, posto nel fondamento. La fig. 2, Tavola XIV rappresenta la sezione trasversale di un tunnel.

Nell'atto pratico si effettua la perforazione di un tunnel dalle due estremità, ed al tempo stesso dal di sopra col mezzo di pozzi, specialmente quando la perforazione deve raggiungere una lunghezza considerabile. I più lunghi tunnel conosciuti sono quelli di Sheffield a Manchester, in Inghilterra (4800 metri) e quello di Rolleboise in Francia, strada di ferro da Parigi a Rouen (2625 metri).

I ponti ed i viadotti, possono essere indifferentemente costruiti, in muramento, in legname, in ferro battuto, ed in ferro fuso. La larghezza di queste opere, fra i parapetti e le guide estreme, varia da 0m,80 a 4m,50. Questa ultima distanza è ben sufficiente, ed è una inutile superfluità di lasciarla maggiore. Allorchè il rinterro passa 45 metri di altezza, è sempre più vantaggioso di costruire un viadotto; la fig. 7, Tavola XIII rappresenta il profilo di un rinterro di 48 metri di altezza. Appellansi viadotti quei ponti che non sono stabiliti sopra un corso di acqua, e che servono a trapassare in piano una valletta, o una qualunque accidentale depressione di suolo. I viadotti rimpiazzano i rinterri, ogni qualvolta questi ultimi divengono troppo dispendiosi per la loro elevazione. La fig. 4, Tav. XIV, rappresenta un viadotto, di cui nei pilastri e nelle fiancate, furono praticati dei vaqui specialmente per risparmio di costruzione.

Le cariole e vagoni impiegati nei cammini provvisori, essendo destinati al trasporto dei materiali, sono conformati in maniera da far bascula come i carrettoni ordinari; negli uni l'asse di rotazione è perpendicolare alle guide; ed il carico è ricondotto in avanti; in altri l'asse è parallelo al cammino, ed il carico è distribuito sui lati.

Questi vagoni sono condotti ordinariamente da dei cavalli; portano da 4m,00 a 4m,80, ed un cavallo medio, serve a trasportarne tre dei primi o due dei secondi. Questi mezzi di trasporto sono adottati per la formazione delle strade di ferro; qualche intraprenditore ne fa uso, sul canale laterale alla Garonna, con ritrarne molto profitto. Si valuta in generale l'economia apportata da questo sistema di trasporto, di fronte ai trasporti ordinarli a circa 30 per cento. Questi carrettoni sono composti di

una cassa in forma di tramoggia, di un'intelaiatura di legname robusto, su cui pesa la cassa a bascula, di due sale ove sono imperniate quattro ruote in ferro fuso, che portano il telaio, o sia l'armatura del carro.

È indispensabile che i vagoni che circolano sulle strade di ferro, destinate al trasporto dei viaggiatori, e che sono attaccati uno di seguito all'altro sieno costruiti con molta solidità, per non essere sconnessi dalle scosse e dagli urti non tenui, che provano orizzontalmente, tirandosi l'un l'altro, come pure spingendosi per moto di storno: da ciò nasce l'inconveniente di dovere agire sopra delle pesanti e robuste masse, che inutilmente esauriscono almeno un terzo della forza di trazione.

Il seguente prospetto presenta, il risultato del peso dei vagoni, in diverse strade ferrate.

CARICHI.	VUOTI.	RAPPORTO.	NOME delle strade di ferro.
k.	k.		
3970	1268	0.32	Killing Worth.
3811	1167	0.29	Idem.
3869	1180	0.31	Idem.
4262	1573	0.36	Helton.
3856	1167	0.31	Idem.
4081	1395	0.34	Back Worth.
3000	1300	0.44	Darlington.
3875	1250	0.32	Idem.
3600	1500	0.42	Bolton.
3600	1000	0.28	Glasgow.
2130	760	0.36	Whistable.
3600	1200	0.32	Newcastle.
4000	1500	0.38	Idem.
1900	600	0.32	Idem.
6000	1600	0.32	Liverpool
4500	1500	0.33	Densin.
3600	1000	0.28	Epinae.
3700	1100	0.30	Rouanne.
4100	1100	0.27	Lyon.
3800	1400	0.38	Andrenieux.

Dall' esame del riportato prospetto, risulta che i vagoni variano fra $\frac{1}{3}$ o $\frac{2}{5}$ del peso cui sono destinati a portare. Que-

sti inconvenienti sono comuni a tutti i veicoli possibili: lungo le strade ordinarie, i barocchi, le carrette, le carrozze, le diligence, gli omnibus, sono esposti a provare urti tali, che volendo raggiungere il grado di solidità conveniente, occorre che il loro peso sia da $1/3$ ai $2/5$; e si giunge perfino ai 48/100 del peso del loro carico. Sembra a primo aspetto che le strade ferrate dovessero ottenere condizioni migliori, ma vedesi chiaro ciò non sussistere, mentre trovandosi la velocità triplicata, ed essendo gli urti e le locomozioni in ragione di questa velocità, ne risulta che i veicoli destinati alle strade ferrate, non devono essere costruiti che sotto questi medesimi rapporti.

CARICHI.	VUOTI.	RAPPORTO.	SPECIE delle vetture.
k.	k.		
3500	1700	0.48	Diligence Francesi.
2400	900	0.37	Diligence Inglesi.
1300	500	0.38	Calessi a due ruote.
7000	2200	0.31	Grosse carrette a due ruote.
1150	350	0.30	Leggera carrette a 4 ruote.
9000	3400	0.38	Grosse vetture a 4 ruote.

Questi ravvicinamenti chiaramente dimostrano che non abbiamo ancora conseguita tutta la perfezione possibile dei mezzi di trasporto, e che le strade di ferro, come le strade ordinarie, perdono il terzo della forza che vi si impiega; presso le persone esperte sembra peraltro quasi impossibile di rimediare a questo inconveniente, riflettendo alla necessità di fornire con conveniente grado di solidità, questi veicoli da trasporto.

Secondo gli autori che scrissero sul meccanismo delle strade ferrate, il coefficiente dell'attrito sulle guide è $0,002$ della pressione, e dietro questo principio, determinato di seguito a numerose esperienze, è stato costruito il seguente prospetto.

DECLIVITÀ a piedi sull'ala.	LUNGHEZZA presa sul piano inclinato.	TEMPO in secondi.	ATTRITO in parti del peso, d'appross. Wood.	VELOCITÀ finale.	ATTRITO in parti del peso, d'appross. la formula $A = \frac{1}{3} \frac{v^2}{g \cdot d}$	FORZA V accelerazione uguale a $\frac{v}{t}$
0.009958	30.47	34.20	0.00118	1.78	0.00199	0.0520
0.010113	60.94	48.80	0.00137	2.50	0.00231	0.0512
0.010215	91.41	59.60	0.00140	3.06	0.00234	0.0513
0.009963	121.88	70.20	0.00144	3.46	0.00240	0.0492
0.009845	152.35	79.10	0.00147	3.81	0.00239	0.0469
0.009845	15.40	70.04	0.00113	4.00	0.00178	0.0526

Il prezzo del trasporto delle merci sopra la strada ferrata, con una prestezza di 0,090 a secondo per 1000 kilog. e per kilometro di distanza, è fissato a 0,005 prezzo medio commerciale.

Delle Strade di ferro sul piano inclinato.

Allorchè dei vagoni carichi, discendono per un piano inclinato, possono al tempo stesso fare rimontare col mezzo del loro proprio peso, un ugual numero di vagoni vuoti.

Questo ingegnoso sistema trova sovente una vantaggiosa applicazione, nell'occasione di lavori importanti. Si sogliono secondo il miglior sistema, formare due vie lungo il piano inclinato, con dei cilindri di guida, collocati a convenienti distanze acciò la corda non tocchi terra, e con una platea orizzontale al disopra, per ricevere il meccanismo.

Questo meccanismo componesi di una gran corda o catena, che percorre tutto il tragitto; alle sue estremità sono attaccati i vagoni montanti e discendenti. Questa corda si avvolge all'estremo della spianata superiore, sopra un verricello orizzontale o verticale solidamente collocato, con puleggie di ritorno; e questa stessa spianata superiore al piano inclinato, ricevere i vagoni vuoti, perchè sieno forniti di un nuovo carico.

La manovra si fa nel seguente modo: dei vagoni vuoti stanno sulla spianata inferiore, ed un egual numero dei carichi o da caricarsi vien situato sul ripiano superiore, essendo tutti attaccati alle estremità con la corda indicata; è cosa prudente di servirsi di due vagoni posti di seguito, piuttosto che di un maggior numero. Attaccati i vagoni nel modo indicato, da uno o più uomini, vengono ad essere spinti quelli carichi, verso il piano inclinato, presentandoli alla discesa, mentre che un altro uomo, tiene la manovella del freno del verricello, per moderare la velocità della discesa, ed i vagoni vuoti-rimontano in alto del piano inclinato per la forza di trazione di quelli pieni; si caricano, e si torna di nuovo a ripetere la stessa manovra, e così di seguito (vedasi la fig. 6 della Tav. XIII). La lettera A, indica il vagone pieno che scendendo sul piano inclinato fa nello stesso tempo rimontare quello B; la lettera C accenna il freno per moderare la velocità, e quella D, il vericello a cui è avvolta la corda; E, F, G, H, sono le puleggie di ritorno; I, M, è il sistema di armatura in legname che serve a contenere il verricello; N, O, P, Q, sono attestature del piano inclinato, formate con travi connesse.

Movimenti dei vagoni sopra piani inclinati.

Esperienze di Wood.

ESPERIENZE.	INCLINAZIONI.	LUNGHEZZE.	PESO dei vagoni		TEMPI.	CORDE		PESI delle puleggie		RAPPORTO del diametro delle puleggie a quello dell'asse.	
			carichi.	vuoti.		diametri.	pesi.	piccole.	grandi.	piccole.	grandi.
18	$\frac{1}{37.3}$	654	k. 5X3973	k. 6X1268	200	m. 41	k. c. 17.61	k. c. 14.95	k. c. 21.01	$\frac{1}{14.6}$	$\frac{1}{20}$
19	$\frac{1}{37.3}$	654	6X3973	7X1268	180	41	17.61	14.95	21.01	$\frac{1}{14.6}$	$\frac{1}{20}$
20	$\frac{1}{30}$	1190	5X4285	7X1574	300	41	21.79	19.16	2.06	$\frac{1}{14.1}$	$\frac{1}{20}$
21	$\frac{1}{28.3}$	1118	5X4287	7X1574	160	41	20.25	14.25	2.06	$\frac{1}{14.1}$	$\frac{1}{24}$
22	$\frac{1}{28.3}$	824	5X4.85	7X1574	280	35	13.27	18.75	2.06	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{24}$

Io darò fine a questa relazione facendo una riflessione relativa alla disposizione delle guide, che non riuscirà priva di interesse. Non avrò persona che avendo viaggiato sopra delle strade di ferro, non abbia risentito un piccolo urto che ha luogo all'incontro di ogni giuntura, nonostante qualunque diligenza nel presentare fra loro le testate delle guide. Quest'effetto deve ascriversi ad una specie di salto che fanno le ruote nel passare da una guida all'altra. Ma questo leggiero sussulto, riesce più marcato, se esiste differenza di livello alla giunzione delle guide, e l'urto è ben più forte, allorchè la via trovasi in pendenza; questa osservazione dà luogo alla persuasiva che non sarà mai per riuscire soverchia l'attenzione da impiegarsi per la di-

istribuzione delle guide e per la loro esatta posizione rapporto al fronteggiarsi delle testate.

Strade di ferro atmosferiche.

Due sistemi sono in osservazione: il sistema inglese ed il sistema francese. Tutti e due hanno per base l'effetto utile della pressione dell'atmosfera sul pistone racchiuso in un lungo tubo privato d'aria col mezzo di una potente pompa aspirante, messa in movimento da una macchina a vapore fissa. Il pistone porta un'asta metallica verticale, alla quale trovasi fissato il vagone direttore del convoglio.

La strada di ferro atmosferica di Nanterre a Saint-Germain, è stata costruita a titolo di sperimento, su dieci chilometri di lunghezza. In questa specie di strade non impiegansi locomotive; il convoglio scorre senza strepito, senza fumate e per così dire senza inconvenienti, perchè lo spostamento o lo scontro di due convogli è impossibile.

Ecco la composizione di tutto questo apparecchio:

La via si compone di guide secondo il sistema ordinario, e di un tubo collocato sull'asse della medesima, parallelamente alle guide. È formato di un seguito di tubi incassati gli uni negli-altri. Questo tubo, presenta nella sua parte superiore un'apertura longitudinale di trenta millimetri di larghezza, ermeticamente chiusa per un sistema di valvole che si aprono e si richiudono a misura che succede il passaggio dell'asta conduttrice; il gioco di queste valvole o animelle permette di formare il vuoto senza interruzione nella lunghezza del tubo. Quattro leve fissate ad un'incassatura che forma prolungamento al pistone, servono ad inalzare le animelle di pressione, mentre un altro apparecchio immediatamente le riaccosta comprimendole con uno spianatoio. Le animelle sono composte da una striscia di quoio, grossa trenta millimetri e formano cerniera dal lato ove sono fissate sul tubo. Ciascheduna striscia è rinforzata sotto e sopra da liste di lamiera. La lamiera inferiore meno larga che il quoio, riempie ermeticamente l'apertura del tubo. Siccome il vuoto non può operarsi prontamente e con facilità in un tubo

di 5 a 6 chilometri si è obbligati di moltiplicare le macchine fisse. Delle animelle danno passaggio al pistone per penetrare da un tubo in un altro, senza permettere all'aria di introdursi. La fig. 3; Tavola XIV, rappresenta la pianta di una porzione di strada atmosferica; A, A', indica il condotto della pompa a aria, messo in movimento da una potente macchina a vapore fissa; B, C, sono i condotti della pompa ai tubi conduttori EF, GH; I, indica il condotto per il cambiamento di via M, N.

La fig. 4 indica la sezione trasversale del tubo, al momento del passaggio dell'asta del pistone, e la fig. 5 indica la sezione medesima, dopo il passaggio del pistone stesso.

Questa descrizione corrisponde col sistema inglese.

Il sistema francese non differisce dal primo che per la soppressione dell'animella.

M. Hallette sembra abbia rimediato alla complicità del meccanismo ed alla conseguente facilità di traspirazione, con il seguente apparecchio. Il suo tubo è aperto come nel sistema inglese, ma i lati dell'apertura sono conterminati da due semicilindri fusi in un medesimo getto con il tubo. Ognuno di questi semicilindri è abboccato da un cuscinetto di un tessuto impermeabile, ripieno di aria compressa dalla macchina stessa che opera il vuoto. Questi cuscini gonfiati, presentansi l'uno contro l'altro pressandosi, ed impedendo ogni passaggio all'aria esteriore. L'asta conduttrice si insinua fra questi due cuscini, che per l'effetto dell'elasticità dell'aria si serrano l'uno contro l'altro appena che l'asta è passata.

La fig. 6 rappresenta la sezione trasversale del tubo, secondo quest'ultimo sistema.

Quanto abbiamo decifrato relativamente alle strade ferrate, non sembra sufficiente a dare un'idea delle principali cose necessarie a sapersi dal costruttore, e rimandiamo gli studiosi ad esaminare le lezioni di M. Minard, e l'Opera di Wood. È ben vero che le strade di ferro trovavansi nello stato di infanzia allorché questi autori se ne occuparono, ma è altresì vero che essi per i primi, gettarono i fondamenti della teoria e della pratica di questo nuovo metodo di viabilità, che forma al dì nostri l'oggetto principale a cui è rivolta l'attenzione dei sapienti e degli speculatori.

CAPITOLO XXII:

DEI CANALI.

Descrizione dell' antico Canale di Suez.

La ricerca della costruzione dei canali antichi si smarrisce nella notte dei tempi. Gli Egiziani ed i Fenici furono i primi ad eseguire dei canali con lo scopo di favorire il loro commercio. Si attribuisce agli Egiziani la costruzione di un canale che riuniva il Mare-rosso al Mediterraneo per mezzo dell' Istmo di Suez. I sapienti e gli storici non sono tutti d'accordo sull'esistenza di questo canale; nonostante che molti storiografi riferiscano che Ciro vi fece passare la sua armata. Ecco frattanto alcune delle più circostanziate e recenti narrazioni citate da Bédidor, che dimostrano l'antica esistenza di questo canale, quali speriamo, non riusciranno prive d'interesse per i nostri lettori. Alcune sono tolte dalla dotta Memoria di M. Huet vescovo di Arianthes.

Il detto scrittore dopo avere diligentemente prese in esame le citazioni di Diodoro, Strabone ec., relative al canale di che trattasi, passa a render conto di più moderne indagini nel modo che appresso.

M. Delisle ha spinte le sue ricerche fino all'esame degli autori arabi. Elmaun dice che sotto il Califfo Omar verso l'anno 635 di Gesù Cristo, fu intrapreso un canale per il trasporto

dei grani di Egitto in Arabia; sembra però che esso non facesse che rinnovare l'antico, la di cui formazione pretendesi dagli storici, rimonti fino ai tempi di Salpmone. Questo canale, all'epoca di che parla M. Delisle, ritenevasi rimasto privo delle cure di rivuotamento, e ridotto incapace alla navigazione, fino dalla decadenza dell'Impero Romano. Ma nell'anno 450 dell'Egira, ossia 775 di Gesù Cristo, Abugiafar Almanzor, secondo Califfo degli Abassidi, fece otturare questo canale dal lato del mare.

In una Lettera scritta dal Cairo nel 1723 dal Gesuita padre Sicard, scrittore veridico ed accurato, è detto quanto segue.

Io mi trovava non molto lontano dalla borgata Phacusa nella Lalubia, quindi credetti dovere andare sulla faccia del luogo, per verificare da me stesso ciò che avevo letto in Strabone rapporto a questa borgata. Vi trovai in effetto alcuni indizii incontestabili di quel famoso canale, opera di Sesostri, continuata da Dario e da Tolomeo-Filadelfio: questo canale cominciava al borgo Phacusa sul Nilo, e faceva una vantaggiosa comunicazione delle acque di questo fiume con quello del Mare-rosso.

Infine M. Rollin nel primo volume della sua Storia antica, così si esprime:

Il canale che faceva la comunicazione dei due mari, cioè del Mare-rosso e del Mediterraneo, non era uno dei minori vantaggi che per mezzo del Nilo produceva all'Egitto. Questo canale aveva il suo principio al Delta presso la città di Rubaste; esso aveva la larghezza di 25 tese, in modo che due bastimenti potevano passarvi comodamente; era profondo quanto occorre per portare i più grandi vascelli, e la sua lunghezza era maggiore di 50 leghe. Esso era di una grande utilità per il commercio. Attualmente è quasi interamente ripieno, ed appena di esso rimane qualche vestigio.

Abbiamo creduto utile di citare le diverse autorità sull'esistenza dell'antico canale dal Mediterraneo al Mare-rosso, per l'Ismo di Suez, perchè tutti i giorni la stampa agita questa importante questione, indicando tal località come la più utile a transitarsi, per incrementare il commercio dell'Europa con tutta l'Asia. Per il passaggio di Suez, l'Europa comunica con la Chi-

na e con l'India, mentre che attualmente i vascelli Europei per penetrare in Asia, sono obbligati a fare il giro dell'Africa, a traverso di mari procellosi e fecondi di naufragi.

Alla nostra grand' epoca di industria e commercio universale, è riserbata la gloria di ristabilire questo antico canale, di cui tutto dimostra la remota esistenza, in una maniera la più autentica, ossia di aprire una via ferrata da un mare all'altro; l'Europa intera è invitata a concorrere a questa opera tanto gloriosa quanto utile per l'universo civilizzato.

Lo studio di un progetto alquanto diverso da quello indicato, è pure stato modernamente intrapreso, e credesi generalmente che molte circostanze concorrino per accordare la preferenza di quest'ultimo sul primo. Esso consiste nella formazione di una strada ferrata, che partendosi dal Mediterraneo presso Aleppo, conduca fino alla riva dell'Eufrate. Superato questo tragitto, e stante essere l'Eufrate navigabile, si potrebbe direttamente pervenire al Golfo Persico, ove l'Eufrate sbocca. Peraltro non sarebbe mai possibile dal proprio Gabinetto, e sulle relazioni dei viaggiatori, stabilire quale dei due progetti debba avere la preferenza. Pensiamo che anche ammessa la possibilità di una conveniente esecuzione, gli ostacoli verranno a moltiplicarsi immensamente, poichè di fronte ad un'intrapresa che sposta le basi del commercio universale, i danni per chi riman progiudicato sono in presenza, ed i vantaggi che dovranno risultare sono in previsione. L'Inghilterra sola potrebbe capitanare la gigantesca intrapresa, o forse nel tempo che stendiamo questo riflesso, essa ha già posto le sue forze in azione.

La formazione del progetto di un canale, è il lavoro più importante che possa esser confidato ad un abile ingegnere, poichè è facile incontrare ad ogni passo degli ostacoli e delle difficoltà, capaci a fornire il mezzo di far brillare le sue svariate conoscenze, ed a svilupparne il genio: si sono veduti sovente dei progetti molto avanzati, per i quali forti somme erano già state spese, dovere rimanere abbandonati per causa di non essere stato in precedenza tutto previsto.

La scelta del terreno, dice Bélidor per il quale devo passare un canale per arrivare da un luogo ad un altro, è di un'estre-

ma importanza, poichè da questo studio minuzioso dipende l'economia, la durata e la solidità delle opere; non bisogna essere avari di livellazioni, nè economi di saggi per riconoscere la natura dei terreni da scavarsi; devono evitarsi le contrade paludose, allontanarsi quanto è possibile dalla montagna, e temere gli scavi nelle masse delle rocce, che sempre aumentano considerabilmente la spesa; in una parola, le cure minuziose occorrenti per lo studio di un progetto di canale, devono essere le stesse che per una strada di Ferro, salvo lo studio delle sorgenti e delle prese di acqua, che devono alimentare il canale; quanto ai lavori di sterro e rinterro, e delle opere d'arte, benchè dissimili, occorre sempre la stessa soggezione di studio o di esecuzione, astrazione fatta dalla formazione delle pescaie, rapporto alle quali passiamo a dare gli opportuni schiarimenti.

**Indicazioni generali
sulle proporzioni delle pescaie e chiuse.**

Per trovare le proporzioni delle chiuse, bisogna in primo luogo stabilire una regola generale, che potrà servire di fondamento per tutto il resto; essa riducesi a conoscere la larghezza che vuol darsi fra le pareti l , m , fig. 3, onde da questa, dedurne la determinazione delle altre parti; ma siccome questa larghezza dipende dall'uso a cui la pescaia o chiusa che vuolsi costruire è destinata, bisogna sapere se essa deve esser collocata all'ingresso del bacino di un porto di mare, di un cantiere, o se essa dovrà essere sopra un fiume o un canale di comunicazione. Se essa è all'ingresso di un bacino o di un cantiere, la sua larghezza dovrà dipendere da quella dei più grossi vascelli che vi dovranno passare; e se essa è fatta sopra un fiume o sopra un canale, dovrà essere atta al passo dei più grossi battelli costruiti, ed in uso nel paese; medesimamente per determinare l'altezza delle ali, o la profondità della spianata, bisogna conoscere quanto i legni che devono passarvi pescano in acqua, affine di averne sempre una sufficiente quantità.

Abbenchè non sia assolutamente necessario di subordinare le proporzioni delle chiuse alle rigorose leggi dell'Architettura ci-

vile, quali richiedono che tutte le parti abbiano fra loro certi determinati rapporti in armonia con le leggi sanzionate dai monumenti classici e dal buon gusto, devesi nonostante attendere a certi principii, che essendo tratti da ciò che l'esperienza ha potuto insegnare di meglio, possono servire di regola generale per eseguire con tutta sicurezza i più vasti progetti. Ed appunto come le massime di architettura furono dedotte dai più belli edifizii antichi, nell'istesso modo, le indicazioni che presentiamo sono state tolte dall'esame delle chiuse che riuscirono le migliori.

La Tavola XV rappresenta la pianta, la sezione longitudinale sulla linea AB, e la sezione trasversale sulla linea CD, di una chiusa di canale.

Per tracciare una chiusa con tutta la precisione che reclama tale importante operazione, è necessario che il disegno venga formato sopra una scala di gran proporzione. Si stabilisca l'asse AB, e su questo ai elevi la perpendicolare CD; dal punto o, prendansi 6 metri verso il punto D; facciasi lo stesso verso il punto C, e dai due punti si conduchino le parallele all'asse AB, e queste due linee determinano per tutta la lunghezza della chiusa, la larghezza delle fondazioni in muramento di smalto, rappresentate nella sezione trasversale dal rettangolo *a, b, c, d*, fig. 3; e nella pianta dalle lettere *a', b', c', d'*, fig. 4; dopo che lo smalto è distribuito sopra tutta la superficie della apiata *a', b', c', d'*, indicata dalla pianta, e per la grossezza del rettangolo *a, b, c, d*, della sezione, si tracciano le due serre *e, f*, di montata e di scarico, aventi il battente per le cancellate nella soglia inferiore, e le pareti laterali del canale, con i suoi incavi *g, h, i, k*, per contenere le cancellate aperte; avendo cura a misura che avanzano le costruzioni di operare le riseghe indicate nella sezione trasversale fig. 3.

La grossezza delle pareti laterali di una chiusa, è determinata dalla spinta dell'acqua, se le dotte pareti non sostengono le arginature del canale; ed è determinata dalla spinta delle terre di rivestimento esterno, se al contrario queste pareti sono incassate nei terrapieni dell'esterno, siccome è stato indicato alla Tavola XV, fig. 3. Per quest'ultimo caso si adottano le

formule già indicate per i muri a sostegno dei terrapieni, pagina 73, e per il primo caso, basta ricubare la profondità delle acque, e dividere il prodotto per il quintuplo dell'altezza del muro, e quindi estrarre la radice quadrata dal quoziente; questa radice darà la grossezza del muro, in stato di equilibrio con la potenza dell'acqua, e secondo che la chiusa di cui fassi lo studio, è più o meno soggetta alla violenza del corso delle acque, dovrà aumentarsi questa grossezza, della metà, di due terzi, o ridursi al doppio.

Esempio. — Supponghiamo che sia questione del rinvestimento di un tratto di chiusa, di cui le più alte acque, per la manovra dei battelli, siano di 3 metri, e l'altezza del rinvestimento del canale sia di 3m,50 al disopra della rada. Chiamando a , l'altezza dell'acqua; e b , l'altezza delle pareti del canale, e facendo l'operazione che abbiamo indicata, avremo $\frac{\sqrt{a^3}}{5.b} = \frac{27}{47,50} = \sqrt{1,54}$ cioè 1m,20 di grossezza delle costruzioni, e 0m,34 di grossezza della corona in pietra da taglio, che dovrà avere circa 0m,66 di coda; i fiari di pietre da taglio interposti simetricamente fra le costruzioni, sono delle dimensioni stesse della corona, ma le pietre che conterminano gli angoli salienti ed altre parti esposte delle costruzioni, devono essere in pietra da taglio della più gran dimensione possibile: per la costruzione delle serre che formano i limitari inferiori della chiusa si scelgono delle pietre che abbiano 1m,20 di lunghezza su 0m,60 di grossezza.

Ecco un'altra formula più semplice dedotta dal seguente principio. La spinta dell'acqua contro una superficie verticale, è eguale al peso di un prisma d'acqua che avesse per base la superficie o il piano verticale e per altezza la metà di quella dell'acqua.

Esempio. — Qual è la spinta che esercita un'altezza d'acqua di 3 metri, contro le porte della chiusa di 6 metri di larghezza?

$$3 \times 6 = 18 \times 1m,50 = 27m^2 \times 1000k = 27000k.$$

Questa formula di cui si ha cura di decuplicare il risultato,

serve a determinare le dimensioni delle porte delle chiuse, come delle ture.

Le ture sono ordinariamente costruite in terra argilla, compressa fra due ordini di palefritte con rispettivi intavolati, e si determina la loro grossezza con la formula seguente.

Esempio. — Una tuga costruita in terra argilla, ha 5 metri di altezza, e deve sostenere 4m,50 di profondità di acqua; qual è la grossezza che deve assegnarsi.

$$x = 4m,20 (5m,00 - 0m,50) \frac{\sqrt{4000k}}{4900}$$

E facendo l'operazione, avremo

$$x = 4m,20 \times 4,50 \times 0,55 = 2m,97.$$

Pescaie e barriere sui fiumi.

Le pescaie o barriere sui fiumi, presentano ordinariamente un pendio sulle due facce per tutta la lunghezza, e la corona è curvata in forma di arco di cerchio.

La base forma un arco la di cui convessità è voltata contro la corrente, e di cui le estremità sono fortemente collegate nelle due rive, con delle solide spronature. Dassi ordinariamente a questi archi fra il decimo ed il quindicesimo di freccia.

La media grossezza di queste barriere, che sempre formansi in buona costruzione, si determina con la seguente formula:

$x = 4m,80 H \frac{\sqrt{4000k}}{P}$ nella quale x , rappresenta la grossezza media da rintracciarsi; H è l'altezza della pescaia (sia 5 metri); 4000 kilogr. è il peso di un metro cubo di acqua e P rappresenta il peso di un metro cubo di muramento ordinario, cioè 2000 kilogr. e sostituendo i valori alle lettere avremo

$$x = 4m,80 \times 5 \times \frac{\sqrt{4000}}{2000} = 3m,45.$$

Porte delle Chiuse.

Questo porte sono in legname di quercia, in ferro fuso, in lamiera, ed infine in legname e ferro.

Occorre aver cura di spazieggiare le traverse in modo da far sopportare a ciascuna un peso uguale. Così esse devono essere più ravvicinate nel basso che nell'alto delle porte. Peraltro siccome è indispensabile di lasciare alla cancellata uno sbocco convenevole; si è sovente obbligati di emanciparsi da questa regola, procurando di supplire al difetto con la robustezza dell'assieme. Se si rappresentano per l'unità, la distanza compresa fra l'intelaiatura e la prima traversa, ecco generalmente le degradazioni che si adottano. Prima e seconda traversa 1,05; seconda e terza 1,20; terza e quarta 1,35; quarta e quinta 1,50. Intendasi che l'unità può essere cinque centesimi, un decimo, ec., secondo le proporzioni generali della porta da costruirsi.

Secondo Gautey la squadratura delle traverse delle porte in legname, deve essere fissata come nel seguente prospetto:

Altezza della porta.		Intervallo da una traversa all'altra.	Numero delle traverse.	LUNGHEZZA DELLE TRAVERSE VERTICALI.									
				1.62					2.73				
				2.92					3.90				
				LUNGHEZZA DELLE TRAVERSE ORIZZONTALI.									
				1.44					1.73				
				2.27					3.25				
				4.55									
m. c.	m. c.	*	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
1.30	0.65	2	0.05 sopra	0.05	0.08 sopra	0.08	0.08 sopra	0.11	0.11 sopra	0.14	0.13 sopra	0.19	0.19
1.95	0.43	3	0.05 —	0.08	0.11 —	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.16 —	0.19	0.19
2.60	0.63	3	0.08 —	0.09	0.11 —	0.13	0.13	0.13	0.13	0.19 —	0.19	0.22 —	0.24
3.90	0.84	4	"		0.13 —	0.16	0.16	0.16	0.19	0.19	0.27	0.30 —	0.30
5.20	0.76	6	"		0.13 —	0.19	0.16	0.16	0.22	0.24	0.27	0.27 —	0.35
6.50	0.73	8	"		0.16 —	0.19	0.16	0.16	0.24	0.27	0.27	0.29 —	0.38
7.80	0.71	10	"		0.16 —	0.22	0.19	0.19	0.24	0.24	0.32	0.35 —	0.38

CAPITOLO XXIII.

DESCRIZIONE DEL CANALE DI LINGUADOCA
O DEL MEZZOGIORNO.

Per dare una esatta idea dei canali in generale, noi abbiamo creduto utile di consacrare questo capitolo alla descrizione del canale di Linguadoca, secondo Bèlidor.

Sarebbe opera difficile e complicata, quella di chi volesse imprendere una dettagliata descrizione del canale di che si tratta; tanta è l'imponenza dei maravigliosi lavori d'arte che vi si incontrano. Dirò solo quanto occorre per farne rimarcare la magnificenza, e supponendo che il lettore abbia sott'occhio la gran carta di questo canale pubblicata da Nolin Geografo.

Dividesi questo canale in due principali parti, movendosi dalla sua origine, che è la situazione più elevata nella vicinanza di Castelnaudary, l'una che discende dal lato del Mediterraneo sulla lunghezza di 96315 tese fino alla sua imboccatura nello stagno di Thau presso Agde, per passare di là al porto di Cette; e l'altro, che comprende 29366 tese di lunghezza, discende dal medesimo punto di partenza, dal lato dell'Oceano, infino alla sua imboccatura nella Garonna al disopra di Tolosa: così fra le sue due imboccature questo canale comprende 125681 tese che fanno leghe cinquanta ed un quarto, ciascuna di tese 2500.

Di seguito ad un'esattissima livellazione del terreno compreso fra le imboccature medesime, fu trovato che il punto di par-

tenza trovavasi elevato di cento tese al disopra dello stagno di Thau, a livello con il Mediterraneo, e di trentuna tesa al disopra dell'altezza media delle acque della Garonna, scandagliate immediatamente al disopra di Tolosa. Fu inoltre effettivamente confermato che la località scelta per il punto di partenza della distribuzione delle acque per il fornimento del canale, era il più elevato, dall'osservazione fatta sopra una fontana che in tal punto esiste, e le di cui acque essendo state distribuite nello sgorgo di due direzioni opposte, le une discendevano verso l'Oceano, e le altre verso il Mediterraneo.

Acciò i bastimenti mercantili possino passare dal porto di Cotte, al punto di spartimento del Canale, furono eseguite settantaquattro chiuse, con pendenza di circa otto piedi, ed altre ventisei chiuse per discendere dal punto stesso, nella Garonna, che è navigabile dopo oltrepassata Tolosa fino alla sua imboccatura nell'Oceano. Così questo Canale comprende cento chiuse molto vaste. Frattanto, siccome nei tempi di alidoro, le acque della Garonna addiventano molto basse, al di quà di Moissac, pretendesi che sarebbe stato utilissimo di continuare il Canale fino a tal termine, onde rendere più comoda la navigazione, perchè dopo la giunzione delle acque di Tarn, la Garonna non lascia di essere abbondante di acque fino al mare. Non incontrerebbesi alcuno inconveniente nell'esecuzione di tal prolungamento, che non costerebbe che circa un milione, perchè il terreno è uniforme, di ottima qualità, e perchè questa porzione di canale deriverebbe le sue acque dalla Garonna medesima. Alcuni hanno trovato da obiettare che questo canale poteva esser fatto passare presso a Carcassonne e Béziers, siccome potevasi praticare con molta convenienza per il commercio di queste due città.

Di quelle cento chiuse, quelle che fanno il più bell'effetto al riguardante sono le otto con pescaie inclinate, che vedonsi in prossimità di Béziers, quali formano una cascata di cento cinquantasei tese di lunghezza sopra sessantasei piedi di pendio, divise in otto cascate, ognuna di otto piedi e tre pollici di altezza; ma ciò che più si ammira, è l'opera detta la chiusa rotonda, che ha una pescaia circolare comune a tre branche del

canale aventi le rispettive chiuse che rispondono alla pescaia medesima, all'oggetto di facilitare il passaggio dei battelli dall'una all'altra di queste branche, a qualunque altezza che sieno le acque, lo che con ammirazione osservasi dai riguardanti.

Siccome per un tragitto di cinquanta leghe, non poteva mancare il caso di incontrare delle colline, cui il canale doveva necessariamente traversare, si è dovuto tagliarle tutte, eccettuata quella di Malpas che essendo molto elevata, e formata di roccia, fu riconosciuto per la minore spesa, di adottare il sistema di perforarla a volta, onde farvi passare il canale, sulla lunghezza di cento venti tese. Questo lavoro passa per qualche cosa di prodigioso, e degno degli antichi Romani.

La larghezza media del canale è di dieci tese, presa all'altezza del livello delle acque, che hanno sei piedi di profondità su cinque tese di larghezza nel fondo. È stato formato al punto di partenza un gran bacino ottagonale, avente duecento tese di lunghezza su cento cinquanta di larghezza, e sette piedi di profondità d'acqua, ed il suo recinto osservasi rivestito di pietre da taglio. Questo bacino detto di Norouse, riceveva in passato, come in deposito, le acque del serbatoio di Saint-Farriol; ma questo bacino essendosi trovato molto ricco di sabbia vent'anni dopo la sua costruzione, giudicò conveniente il Maresciallo di Vauban di non farlo altrimenti traversare dai battelli, perchè in tempi di piena, la furia delle onde, rendevano il passaggio molto danuoso; perciò invece di fare spurgare il detto bacino, fu preferito di costruire al principio del canale che lo contorna dal lato del Sud, dopo la chiusa di Médocin fino a quella di Montferrand, un letto di maggior larghezza, e che contendendo una quantità di acqua molto maggiore del bacino di Norouse serve attualmente di punto di partenza. Con tal mezzo la navigazione è divenuta più pronta in vista della soppressione delle due chiuse che il bacino citato aveva alle sue estremità, la manovra delle quali richiedeva un tempo in pura perdita, giacchè vi esistevano pure le due antecedenti.

Prima delle intraprese di Riquet, la principale difficoltà che aveva fatto riguardare la giunzione dei due Mari, siccome un progetto di un successo molto incerto, era quella di poter

far passare sufficienti acque al punto di partenza, per poter fornir mezzo di una continua navigazione, per una così grande estensione quale era quella di cinquanta leghe, malgrado le perdite inevitabili dalle porte delle chiuse, la traspirazione e le evaporazioni. Ma la scienza ed i talenti di Riquet hanno saputo superare in modo le difficoltà, da non lasciare incertezza sopra un quesito così essenziale, ed è stato ottenuto pienamente l'intento, formando il serbatoio di Saint-Farriol, opera la più grande e la più magnifica che dal moderni sia stata eseguita.

Questo serbatoio è formato in un vallone ove sfoga il fiume dell'Audot fra due montagne che sono state congiunte nel più basso, da una forte diga di trecento settantaquattro tese di lunghezza, per sostenere le acque, sull'estensione di circa cento trenta arpenti di superficie e di cento piedi di altezza nella parte la più profonda, e che produce un milione di tese cube di acqua. Esse sono riunite in un canale di oltre sei leghe di lunghezza, chiamato canale della Montagna, perchè riceve diversi torrenti e burroni che partono dalla Montagna-nera, e quindi passa per un aquedotto lungo sessanta tese, sotto la montagna di Escamaze, che è stata forata in quest'occasione.

Le acque di questo serbatoio si scaricano col mezzo di grossi robinetti di rame collocati al fondo, cioè a dire a cento piedi al disotto della loro superficie. Vi si comunica per mezzo di gallerie a volta, praticate nella grossezza della diga. Queste acque vengono a ridursi nell'antico letto della riviera dell'Audot, che le dirige fino al punto nominato ponte di Croussel al disotto di Revel, ove esse sono ricevute insieme alle altre del piccolo fiume di Sort, nel rigolo detto del Piano, avente otto leghe di lunghezza, che le conduce fino al bacino di Horouse, di dove esse sortono col mezzo di cateratte, per ridursi al principio del canale che attualmente serve di punto di partenza, e ciò dopo aver percorso più di quattordici leghe di paese al di qua della Montagna-nera.

Siccome all'epoca della costruzione di questo canale è stato necessario di traversare un gran numero di fiumi e di torrenti che si sono incontrati sul suo passaggio, non fu a quell'epoca rinvenuto altro espediente, che quello di imboccarli nel

canale, e di distribuire dei diversivi per il loro sfogo, affine di mantenere sempre le acque, ad una profondità convenevole per la navigazione; e ben lungi di riguardare queste acque straniere come incommode, esse furono considerate al contrario proprie a rimpiazzare quelle che inevitabilmente sarebbero andate perdute per causa dell'evaporazione. A capo di qualche anno, fu riconosciuto l'errore in cui si era caduti così argomentando, perchè le sabbie che queste acque depositavano nel canale, facevano elevare il suo fondo con tal progresso, che cominciò a temersi che non sarebbe rimasto lungo tempo il canale atto alla navigazione, lo che sarebbe sicuramente avvenuto, se l'intelligente Maresciallo di Vauban non avesse trovato il mezzo di separare le acque estranee da quelle che erano proprie al canale, affine di non lasciarne entrare che la quantità che ne abbisognasse e quando abbisognasse; quest'intento è stato ottenuto con i controfossati fatti scavare, e con gli acquedotti in muramento: Se ne incontrano quarantacinque, quali sono di due specie; la prima ne comprende sei che si chiamano acquedotti-ponti: essi sono elevati per arcate, al disopra delle quali passa il canale, onde lasciare ai fiumi che lo traversano la libertà di refluire al disotto, come vedesi alla fig. 4 della Tavola XIV. I più belli sono quello della Repude, di Cesse, di Trèbes o di Tréboul; i trentanove altri, che compongono la seconda specie, o che sono formati a tubo o ponte-canale, passano da un controfosso all'altro sotto il letto del canale (vedasi la fig. 2 della medesima Tavola XIV) per operarvi lo sfogo delle acque traversse. Sono state fatte al tempo stesso, delle piccole chiuse, per porre a secco le parti del canale che si trovassero nel caso di dovere esser riparate. Questo canale è riguardato da tutto le nazioni, siccome intrapresa superiore a quanto l'Idraulica Architettura ha saputo immaginare, e l'operosità cittadina ha potuto eseguire. Esso forma il benessere di una delle più belle contrade della Francia, che vede passare, e può dirigere lo mercanzie dall'uno all'altro Mare, evitando il gran circuito delle coste della Spagna, per lo stretto di Gibilterra, senza parlare della tratta dei grani e dei vini, che l'alta e bassa Linguadoca, si comunicano reciprocamente. nè dei capitali che i forestieri

lasciano presso noi, servendosi di questo mezzo di comunicazione.

**Continuazione del Canale del Mezzogiorno,
di Toulouse a Castels (Gironda), sotto la denominazione
di Canale laterale alla Garonna.**

Considerazioni sulla scelta della direzione.

La Legge del dì 8 Luglio 1838, dichiarò di utilità pubblica la continuazione del canale del Mezzogiorno, da Toulouse a Castels, sotto la denominazione di canale laterale alla Garonna.

Gli ingegneri di ponti e strade della contrada a cui doveva servire questo canale, non si trovarono del medesimo sentimento, rapporto al modo di esecuzione.

M. de Baudre, ispettore divisionario che era stato incaricato dal Governo, dello studio di questo vasto progetto, riconosceva che il servizio della navigazione, come l'interesse del commercio, reclamavano imperiosamente che l'esecuzione di questo canale fosse continuata infino a Castels, ove esso si getterebbe nella Garonna.

Ma M. Deschamps padre, ispettor generale, di cui l'autorità ed il sapere sono incontestabili, sosteneva con tutti i principii della scienza che non esisteva alcun vantaggio per la navigazione e per il commercio, nell'intrapresa di scavar a traverso una pianura ricca e fertile questo canale in fino a Castels; che il suo prolungamento infino alla Garonna a Agen era sufficiente, e che qualche pescaia con chiuse, gettate su questo fiume, fra Agen e Castels renderebbero in ogni tempo facile la navigazione alle barche.

In appoggio del suo progetto Deschamps rammentava con ragione, la grande economia che resulterebbe nella spesa, arrestando questo canale ad Agen, per approfittare dei grandi miglioramenti ottenuti sul corso della Garonna dai lavori di indigamento: miglioramenti pervenuti a tal punto su questo fiume, la cui navigazione rimaneva interrotta per tre mesi dell'anno,

che un servizio regolare di battelli a vapore è stabilito da circa anni dodici fra Agen e Bordeaux.

Il tempo e l'esperienza hanno dimostrato, che di queste due opinioni, quella di Deschamps avrebbe dovuto avere la preferenza sotto il triplo rapporto dell'economia del tesoro pubblico, dell'interesse della navigazione e della prosperità del commercio.

Questa non è la sola mancanza che sia stata commessa nell'esecuzione di questo canale; ne esiste una quasi altrettanto condannabile sotto il rapporto commerciale: ed è di aver fatto passare questo canale sotto pretesto di qualche insignificante economia, sulla riva manca, in luogo di tenerlo sempre sulla riva dritta della Garonna. Tutti i grandi centri di popolazione, di produzione d'industria e di commercio, sono sulla riva dritta, ed in confronto, quella manca, non presenta che il quieto della popolazione e del commercio dell'altra. Quindi fra Agen e Castels questo canale non apporta utilità veruna per il commercio della dritta riva, mentre che se fosse passato lungo quest'ultima, tutti i prodotti dell'una e dell'altra sarebbero venuti ad alimentare questo veicolo che sarebbe diretto a traversare i grandi centri di popolazione d'industria e di comunicazione.

La inopportuna scelta della riva destra per il passaggio di questo canale, ha arrecato un grave danno che la strada ferrata da Cette a Bordeaux ha soltanto potuto eliminare.

Dei più rimarcabili lavori del Canal Lateral.

L'apertura di questo Canale ha presentato delle grandi difficoltà di esecuzione, per superare le quali sono occorse delle opere considerabili in tutti i generi, la di cui buona esecuzione, ed i felici risultati, attestano al tempo stesso del genio e della scienza degli abili ingegneri che ne ebbero la direzione e la sorveglianza.

Il canale passa nel vasto piano di Montauban, e vi si rimarkano le belle chiuse per la discesa dal canale nel fiume

Tarn. Vi si rimarca un magnifico bacino, che abbelliscono delle vaste scalate, destinate al gran commercio dei grani di questa importante città.

Alla punta, cioè all'imbocco del Tarn con la Garonne, sopra una lunghezza di circa sette chilometri, bordeggiando le coste di Malausc; questo canale, è stato interamente costruito nel letto del fiume. Il suo alveo è stato formato con l'aiuto dei lavori di palizzate intrecciate con piantazioni, e di rinterri delle sabbie estratte dal letto del fiume col mezzo dei batteili da spurgare i fiumi, condotti con il mezzo del vapore. L'esperienza ha dimostrato che i rinterri provenienti dalle materie tolte di sotto l'acqua del fiume, hanno supplito all'intento con una economia maggiore, delle materie da rinterro procurate da terra, per poco che la zappatura ed il trasporto presentassero la più leggiera difficoltà. Più di mille uomini e venti batteili scavatori, sono stati impiegati, per cinque anni consecutivi nella costruzione di questa parte del canale.

I lavori di Laspeyre, presso Agen, benchè meno considerabili, hanno presentate le medesime difficoltà d'esecuzione, e sono occorse le diligenze stesse che per quelli della punta. Ad Agen, il canale traversa la Garonna sopra un superbo pontecanale in pietra da taglio, quale può esser posto nel numero dei più belli monumenti che adornano la Francia. Si distingue il magnifico bacino e le vaste scalate, che servono al gran commercio di questa città, e si rimarcano sulla manca riva i grandi lavori della presa d'acqua dalla Garonna per l'alimentazione del canale.

A Buzet il canale traversa la Baïse sopra un pontecanale con la presa di acqua in questo fiume. Al Mas d'Agen ed a Meillan, il canale è formato nel fiume, e finalmente le opere d'arte per lo sfogo del canale nel fiume a Castels, sono rimarchevoli per la bellezza delle loro forme, e per l'utilità e convenienza che offrono alla navigazione ed al commercio.

Ponte girante per canale.

Nelle traversate delle città, i canali danno sovente luogo alla costruzione dei ponti giranti. Si costruiscono spesso questi ponti sopra i canali, per evitare i rinterri dei cosciali, che sempre sono indispensabili nella costruzione dei ponti fissi.

I ponti giranti, sono così chiamati perchè ruotano sopra un pernio fissato in una piattaforma mobile, col mezzo di un sistema di ingranaggi, che l'uomo di guardia, pone in movimento, facendo agire un braccio di leva mobile, ogni qualvolta che un battello si presenta per passare sotto questi ponti.

La Tavola XVI, rappresenta uno di questi ponti. La fig. 4 indica la pianta, ossia il ponte veduto di sopra; le lettere A, B, C, D, indicano il tavolato del ponte. Questi ponti hanno ordinariamente quattro metri di larghezza fra i parapetti, cioè due metri di carreggiata, ed un metro per lato di marciapiede. La parte punteggiata A', B', C', D' indica il tavolato girato, per dar passaggio ai battelli. L'apertura di questi ponti, fra il fondo del cosciale ed il sodo di costruzione, che sostiene la piattaforma, è la medesima che quella delle chiuse del canale, sul quale il ponte si stabilisce, per esempio metri 6,50.

Le lettere AF, DE, GH e BG indicano le ripe o parapetti laterali del canale. E, D, L, F, il sodo in costruzione della piattaforma; M, la catena d'ammarra del ponte; N, l'orifizio formato per ricevere la leva mobile e curva, destinata a far funzionare l'ingranaggio. Quest'orifizio è ricoperto di una piacca in ferro, ed a cerniera, e le lettere H, fig. 4 ed M' fig. 1, indicano il pernio sul quale ruota il tavolato.

La fig. 2 rappresenta il ponte in elevazione; a b, sono le colonne in ferro fuso che servono di punto d'appoggio ai tiranti in ferro c b, e b d, che consolidano e legano insieme il sistema di legname che forma l'intavolato; ef, e gh, travette longitudinali di 0,™10 sopra 0,™30 di squadratura, riunite e collegate con le altre travette i, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, ed u, con delle chiavarde che traversano tutto il sistema; xx

forte pezzo di legname sostenente tutto il sistema e che riceve la bronzina di cappelletto al pernio.

La fig. 3 indica la pianta e la fig. 4 la sezione della piattaforma; A B C, sistema d'ingranaggio; D, rocchetto che comanda la ruota d'ingranaggio A. Questa ruota ha un altro rocchetto P, che si ingrana nelle dentature fisse A, BC, e che comanda il movimento del ponte col mezzo del rocchetto D, che riceve all'estremità del suo asse G, disposto a quest'effetto, il braccio di leva curva, che il custode del ponte fa muovere a volontà; di modo che per il movimento di rotazione impresso dalla leva al rocchetto D, l'intavolato del ponte gira intorno al pernio H, scorrendo sulle rotelle della piattaforma M, N. La lettera O, indica la bronzina incastrata nel blocco di legname *xx*.

CAPITOLO XXVI.

LAVORI DI PALIZZATE INTRECCIATE CON PIANTAZIONI
DI MACCHIA VIVA (TUNAGES) PER LA DIFESA DELLE RIVE DEI FIUMI
E TORRENTI, E DELLE SPIAGGE DEL MARE.

Descrizione.

La ristrettezza conveniente a questo lavoro vieta di estendersi a sviluppare la teoria dei grandi corsi d'acqua, di cui devesi possedere un conoscimento esatto e completo, per applicare utilmente i lavori di riparo, alla conservazione e difesa delle loro rive, ed al miglioramento dello stato dei loro letti; quindi per parlarne utilmente e con concisione, riporterò le teorie su questo soggetto saviamente sviluppate da Bélidor.

Questi lavori di riparo, conoscevasi da lungo tempo, ma erano sfuggiti all'applicazione per quasi due secoli, allorchè Samuel Bourrousse di Laffore li fece rivivere in Francia circa il 1820. Seguendo il piano di questo abile ingegnere, ne fu fatta dal 1822 al 1828 una felice applicazione lungo il corso della Garonna a Fourtic, a Tonneins ed in molte altre località.

Ma M. De Baudre ispettore divisionario dei ponti e strade, che fu incaricato nell'anno 1826 dello studio di un progetto di miglioramento del corso della Garonna da Tolosa a Bordeaux fece un'applicazione sorprendente di questo sistema, nei grandi lavori di miglioramento di questo fiume torrentiale, ed i vantaggi ottenuti da tali lavori, oltrepassarono tutte le più razionali previsioni, sotto il triplo punto di vista del miglioramento

della navigazione, della prosperità del commercio, rendendo più facili le vie pel trasporti, sovente già impraticabili per causa dei numerosi massi, e dell' interesse dell' agricoltura, con rendere alla cultura le terre conquistate sopra la troppa larghezza del letto di questo fiume vagabondo, che spargeva un tempo il disordine e la devastazione, in tutte le tenute che traversa. Attualmente col mezzo degli enunziati ripari, sono state imposte a questo torrente devastatore, delle possenti barriere, piene di vigore e di cedevolezza, che esso non perverrà giammai a distruggere.

I ripari del genere di che si tratta, possiedono questo immenso vantaggio, sopra tutti gli altri sistemi di lavori, che essi sono delle opere viventi, che prendono sviluppo e consistenza, per la loro natura di vitalità, mentre che tutte le altre opere sono delle masse inerti, che perdono il loro grado di solidità e di resistenza, per il giornaliero deperimento attaccato alla loro natura. Nelle piene e negli straripamenti, i primi, curvano mollemente la loro testa nella direzione delle ondate; e concorrono in tal modo a far precipitare al fondo delle acque i corpi in sospensione, mentre che le dighe in costruzione, irritano la violenza delle onde con la loro resistenza, ed occasionano al loro piede delle cavernosità che accelerano la loro rovina, se non si ha cura di proteggere la base, con dei carichi convenienti di blocchi e lastroni, ogni qualvolta questo bisogno si fa presentire.

Le opere di macchia viva, e quelle di costruzione per la difesa delle ripe e per la resistenza ai costanti sforzi delle acque che tendono a rovesciarle, sono come la quercia e la canna della favola per resistere alla tempesta.

Le opere di costruzione, a lungo andare, sono distrutte, o rovesciate, o sconvolte dalle acque, ed occasionano altresì dei grandi risiacqui sopra le rive che esse sono destinate a proteggere, mentre che le opere di macchia viva, formano una foresta di verdura, che divide e suddivide le ondate con la sua flessibilità, provocando così i rinterri, ed elevando di più in più la loro testa per la forza della vegetazione che rende impenetrabile alli sforzi delle acque, il terreno e le rive che queste piantazioni proteggono.

Vedonsi effettivamente nel corso della Garonne antichi tori in costruzione interamente rovesciati e sconvolti; rimarcasene uno al disotto della Réole, che era stato costruito per difendere la riva dritta, e che essendo stato separato dalla riva da dei successivi straripamenti, trovasi attualmente verso il mezzo del fiume, ove esso forma una specie di isoletta, che non avrebbe tardato ad ottenere dei consecutivi accrescimenti a detrimento delle due rive, se i lavori di piantazioni vive non fossero stati incessantemente praticati su tal punto per arrestare le depredazioni delle acque.

Gli straripamenti dei fiumi, dei torrenti e delle borrate, portano sempre sulle loro rive la devastazione ed il disordine, depredando le pasture e lo strato vegetabile dei terreni: così i proprietari riveranei troveranno in questo luogo le indicazioni, opportune per eseguire dei solidi lavori e con tenue spesa, quali preserveranno i loro possessi dalle rapine delle grandi piene, mediante la consolidazione delle loro ripe, che prontamente verranno coperte di piantazioni difensive e produttrici ad un tempo. Per eseguire questi lavori di difesa, si procede in primavera a ridurre tutte le ripe pendenti, scarnite e sconvolte, in pendenze regolari o arginature di gradi 45; si regolarizzano pure i polmoncelli di terreno che rimangono a secco presso le ripe stesse, e che spesso, altro non sono che porzioni di ripa staccate dalle acque, e si piantano con barbatelle di salcio e di pioppo; si attaccano alla ripa i piccoli isolotti, con dighe formate con paloncelli intrecciati di sarmenti verdi, e consolidati al piede con scheggioni di pietra, od in mancanza, con cestoni tessuti di fascine e ripieni di sabbie e pillore. L'annata seguente, tutto le ripe in rovina così preparate, saranno coperte di un'ammirabile vegetazione, che proteggerà la loro stabilità e renderà facili i consecutivi lavori di consolidamento e regolarizzazione.

Questi lavori assumono diversi gradi di consistenza, secondo la resistenza cui sono obbligati di opporre all'ostacolo che tendo a rovesciarli, secondo la natura del suolo nel quale sono stabiliti, e secondo la conformazione ed elevazione delle ripe che sono destinati a difendere.

Essi si suddividono in linee semplici di ripa, linee a doppia fila di impalancati; a piantata semplice e piantata doppia; infine in dighe e barriere traverse dei bracci di fiume soppressi. La Tavola XVII offre il disegno, della sezione trasversale, della pianta e dell'elevazione, di alcune opere di consolidamento già eseguite con completo successo.

Per eseguire qualunque opera di questo genere, si battono dei paloncelli spaziegiati fra loro di 4m,33 d'asse in asse, adoprando una berta o montone di 300 kilogrammi. Questi paloncelli sono situati secondo gli allineamenti determinati antecedentemente sulla pianta topografica della località; dopo battuti i paloncelli, nella misura competente alla natura del suolo ed alla rapidità delle correnti, fassi qualche volta spargere al loro piede uno strato di scheggioni di pietra, e dei ciottoli, per cautelarsi contro lo scavamento e le rivoltature perdurante l'operazione dell'intrecciamento.

Quest'intrecciamento operasi con delle verghe di salcio, di pino o di quercia, legate le une con le altre alle loro estremità, ed intrecciate fra loro e con i paloncelli, nella maniera stessa che il filo in un tessuto; i paloncelli formano l'ordito, e le verghe il tessuto. L'intrecciamento così disposto, vien pressato per strati, infino al fondo del suolo col mezzo di forcati, finchè esso sia pervenuto a livello dell'acqua, e continuasi ancora questo lavoro fino a 0m,33. sotto le testate dei paloncelli che sogliono pareggiarsi e tagliarsi uniformemente a 4m,50 al disopra delle acque basse.

Gli intrecciamenti vengono compressi altresì col mezzo di un cassone, pressato ordinariamente da tre uomini che vi saltano sopra con cadenze regolari, attaccandosi ad un armatura pensile formata da tre abetelle, e col mezzo dei canapi che vi pendono.

Qualche volta fassi eseguire questo lavoro da più persone, ma generalmente tre uomini sono sufficienti, soprattutto se nel primo strato dell'intrecciamento si è avuto cura di non impiegare che dei giovani virgulti detti di terza e di seconda scelta, rilasciando quelli più avanzati o di terza scelta per gli strati al disopra dell'acqua.

Dopo l'effettuazione di questo tessuto e della sua compressione, se trattasi di una linea di ripa, si affoga uno strato di scheggioni, e blocchi dal lato del fiume, e fino all'altezza di 0^m,50 al disopra delle acque medie; e dal lato delle terre gettasi dell'arena, delle fascine, oppure delle sassate fino a 0^m,50 al disopra delle acque medie. Dal mese di novembre fino a tutto aprile, procedesi all'operazione del disciocciamento di tutti i piantoni, ed appunto dalla buona qualità di queste scelte, (che consistono in rami di salcio di due anni di messa, di quarta e terza grossezza perfettamente verdi e ben vegeti, che piantansi nelle incrociature del tessuto già indicato), dipendono i successi di questo genere di palancate.

Questi rami di salcio piantansi di seguito, nelle cavità prismatiche delle intrecciature, come pure aderenti all'esterno delle medesime, su tutta la lunghezza della linea, come per formare una siepe, ed avendo cura di beno assicurare il piede dei rami o verghe infino al fondo delle intrecciature; e questi rami, sono tenuti aderenti alla linea dei paloncelli ed agli intrecciamenti per mezzo di una doppia fila di sarmenti traversi fortemente attaccati con dei lacci di salcio giallo. La cima di queste piantazioni elevasi in generale due metri circa al disopra della testata dei paloncelli.

Ecco i principali casi che possono incontrarsi nell'esecuzione dei lavori suddivisati. Vedasi la Tav. XVII.

Il tipo di N. 1 indicato dalla fig. 1 è stabilito sopra un'abbassazione al disopra del livello delle acque medie, ove prevedesi 0^m,50 di abbassamento per la remozione del limo.

Il tipo di N. 2 indicato dalla fig. 2 è stabilito sopra una profondità d'acqua considerata all'altezza media di un mezzo metro, ove prevedesi la possibilità di un metro e mezzo di abbassamento.

Il tipo di N. 3 indicato dalla fig. 3 è stabilito sopra una profondità d'acqua media di 0^m,50 ove prevedesi la possibilità di 2^m,50 di abbassamento.

Il tipo di N. 4 indicato dalla fig. 4 è stabilito sopra una profondità di acqua media di 0^m,75 ove prevedesi che non vi sarà abbassamento.

Il tipo di N. 5 indicato dalla fig. 5 è stabilito sopra una profondità di acqua media di 2^m,50 ove prevedesi con certezza che non vi sarà abbassamento; esso è destinato alle linee trasverse, disposte per operare i rinterri e deviare l'inalluvamento.

Il tipo di N. 6 indicato dalla fig. 6 è stabilito sopra una profondità di acqua media di 3^m,50 non suscettibile di abbassamento, e destinato all'oggetto medesimo di quello di N. 5.

L'esperienza ha dimostrato, mediante i lavori di palancate e macchia viva simultanea, impiegati con gran successo per la difesa delle ripe della Garonna e per il miglioramento del suo letto, che questo sistema è incontestabilmente preferibile a tutti i lavori di costruzione. Queste opere, per la natura dei benefici che procurano, conseguiscono un doppio scopo, atto ad arrecare importanti vantaggi: con esse rendesi in breve spazio di tempo all'agricoltura un terreno prezioso che le era già stato carpito dalle acque vagabonde di un fiume torrentale, e si inalluevano le acque in un letto costante, che addiuvine di più in più praticabile alla navigazione, aumentando l'altezza della corrente in ragione del restringimento del letto, lo che è il principale scopo di questi lavori d'arte applicati al miglioramento delle condizioni di un gran fiume.

Sistema di escavazione.

Allorchè trattasi di studiare il modo di miglioramento di un gran corso d'acqua, nell'interesse dell'agricoltura, della navigazione e del commercio, deve l'ingegnere incaricato specialmente occuparsi delle ingerenze che appresso.

4.° Dirigere la formazione della pianta geometrica della valata o dei dintorni ove serpe il fiume; prendere dei profili trasversali ad ogni kilometro di lunghezza, rapportandoli al livello delle acque, secondo la scala idrometrica di che sarà parlato in appresso; formare degli scandagli con la tenta, ogni 25 metri di distanza, seguendo il letto del fiume; preparare gli appunti in disegno, con pianta, elevazione e taglio di tutte le accidentalità del terreno che potessero aver relazione con il corso

delle acque, specialmente all'oggetto di conoscere il loro diverso stato di alluvione o di defluione, non che la natura del sotto-suolo.

2.° Prendere informazione con la maggior diligenza; presso le più antiche persone del paese, della maggiore altezza delle acque, all'epoca delle più grosse inondazioni; della loro durata, delle cagioni che le hanno apportate e delle epoche in cui sono succedute; altresì dello stato delle acque le più basse, perdurante la maggior siccità, e che diconsi acque basse d'estate.

3.° Fare collocare sulle due rive dei confini kilometrici, per indicare la direzione dei profili in traverso, e per servirlo di punti fissi alla livellazione longitudinale, e per stabilirvi le scale destinate ad offrire l'altezza delle acque in ogni località importante, e per ogni myriometro.

4.° Studiare le risorse che può presentare la località traversata, tanto in materiali che in popolazione, per l'esecuzione dei lavori; l'utilizzazione delle cave, richiede delle ricerche particolari, perchè le opportune dimensioni e qualità dei sassi di scelta, sono l'anima di questi lavori di palancate a macchina viva.

5.° Misurare col mezzo del dinamometro la velocità delle acque, prese di mira alle diverse altezze di livello, affine di conoscere con questo mezzo, e con i profili, di quanti metri cubi è la sezione d'acqua sfogata a minuto secondo, delle acque basse di estate, come di tutte le altre altezze al di sopra.

6.° Eseguire l'analisi delle acque prese quando sono basse e tranquille, quando sono in piena ed agitate, ed in tutte le occorrenze ed accidentalità tanto di tempo che di situazione, facendole decantare, ed esaminando la quantità e qualità delle materie tenute in sospensione e dissoluzione, e ciò affine di poter precisare presso a poco, il tempo occorrente perchè risultino i rinterri; perchè è cosa costante, astrazion fatta dalle grandi inondazioni, che più le acque sono caricate di limo più i rinterri sono pronti; è inutile avvertire che questo studio deve considerarsi molto importante, e che esige una gran soggezione.

7.° Devonsi studiare con molta cura, i corsi dei diversi affluenti che gettansi nel fiume che vuolsi migliorare, e procurarsi le più precise indicazioni sulle loro inondazioni, le epoche in cui succedono, la loro maggiore altezza, come pure quella delle più basse acque.

Una volta che l'ingegnere, è pervenuto in possesso di tutti questi documenti, e che ha una perfetta conoscenza di tutte le località, su tutta l'estensione del corso d'acque che determinano per così dire i dati del problema da risolvere, esso traccia e combina sulle piante, diverse linee in progetto, secondo che vengono indicate dalla pendenza delle acque, che devonsi quanto è possibile conservare e fissare nei luoghi ove esse naturalmente tendono a gettarsi, tranne il caso di impedimenti contrarii; perchè devesi aver sempre per principio di accarezzare le acque, inalveandole entro delle curve grandiose, ed evitando le voltate a secco e senza antecedente invito, perchè in questi casi deve aumentarsi di necessità la spesa, onde assicurare il successo delle opere d'arte, che diversamente troverebbonsi esposte, nelle inondazioni a delle gravi avarie. Le dighe per il restringimento dell'alveo, si formano tracciando la direzione del letto che vuolsi determinare. Quindi formansi da questa traccia alla riva, delle linee di palancate, o semplici o doppie, secondo la loro posizione e la profondità dell'acqua spazeggiate di circa metri cinquanta. Le acque che passano a traverso i fusti delle piante già in piena vegetazione, ritardate nel loro corso, e fiaccate della loro violenza, dalla cedevolezza resistente della macchia, depositano prontamente il limo e le materie in sospensione, e vedesi con ammirazione, in breve tempo sorgere una riva rivestita di piante ed atta a frenare il corso delle correnti, laddove pochi mesi avanti non era che greto e dilamazione (Vedasi la Tav. XVIII).

Allorchè lo studio di tutte queste diverse ricerche, ed operazioni geometriche trovasi completato, procedesi alla stima ed alla redazione di un prontuario, desunto dagli elementi ottenuti con la formazione dei profili, e con i saggi locali del suolo, e che presenti il prezzo di ogni metro corrente, consentaneo ai lavori che le specialità locali esigono.

MISURAZIONE E STIMA PER OGNI METRO CORRENTE DEI LAVORI
DI PALANCATE CON PIANTAGIONI COMMISTE, ED IMPIETRAMENTI,
ESPOSTE IN ORDINE AI DISGNI DELLA TAVOLA XVII.

TIPO di N.° 4. (fig. 4.)

Lavoro stabilito sopra un sabbione posto superiore al livello
delle acque medie, ove prevedesi 0m,50 di abbassamento
per la rimozione del limo.

0 ^m ,444 cubi di legname di pino in gruma di seconda specie, per 3/4 paloncelli di 0 ^m ,22 di diametro e di 4 ^m ,00 di lunghezza a 25 franchi il metro.....	Fr.	2.85
3/4 battitura dei paloncelli, sopraindicati a 4 ^m ,00 l'uno.....		3.00
4 ^m ,60 quadrati, di lavoro di intrecciatura intorno ai pali, a franchi uno il metro.....		4.60
4 ^m ,00 corrente, di piantazione viva collegata con le intrecciature a fr. 4,60 il metro.....		4.60
<i>Impietramenti.</i>		
Lunghezza.....	m. 4,15	m. 0,825
ridotta.....	0,50	0,44
Altezza.....	0,500	0 ^m ,78 a 5 fr. l'uno.....
Lunghezza.....	0,00	
ridotta.....	0,76	0,19
Altezza.....	0,500	
0 ^m ,038 cubi di pino per lavori di collegamento, al posto a fr. 40.....		4.52
0 ^k ,75 di ferro battuto, 3/4 caviglie con rivolte a fr. 4.00 il kilogrammo.....		0.75
Prezzo di un metro corrente.....	Franchi	15.22

TIPO DI N.° 2. (fig. 2.)

Lavoro stabilito sopra una profondità di acqua di un mezzo metro,
con previsione di 1m,50 di abbassamento.

0 ^m ,17 cubi di legname di pino in gruma di seconda specie, per 3/4 paloncelli di 0 ^m ,22 di diametro e di 6 ^m ,00 di lunghezza a 25 franchi il metro cubo.....	Fr.	4.23																								
3/4 battitura dei paloncelli di 0 ^m ,22 diametro, e di 6 ^m ,00 di lunghezza a fr. 6 l'uno.....		4.50																								
3 ^m ,40 quadrati di intrecciamento, a fr. 4,00 il metro		3.40																								
4 ^m ,00 corrente di piantazione viva, a fr. 4,60 il metro		4.60																								
<i>Impietramenti.</i>																										
In avanti la linea dei lavori.....	<table><tr><td>Lunghezza</td><td>0,50</td><td>m.</td><td>2,00</td><td>m.</td><td>4,00</td></tr><tr><td>ridotta</td><td>3,50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Altezza.....</td><td></td><td></td><td>2,00</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5,69</td></tr></table>	Lunghezza	0,50	m.	2,00	m.	4,00	ridotta	3,50					Altezza.....			2,00								5,69	
Lunghezza	0,50	m.	2,00	m.	4,00																					
ridotta	3,50																									
Altezza.....			2,00																							
					5,69																					
In addietro la linea dei lavori.....	<table><tr><td>Lunghezza</td><td>0,00</td><td>m.</td><td>4,43</td><td>m.</td><td>0,69</td></tr><tr><td>ridotta</td><td>2,25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Altezza.....</td><td></td><td></td><td>4,50</td><td></td><td></td></tr></table>	Lunghezza	0,00	m.	4,43	m.	0,69	ridotta	2,25					Altezza.....			4,50									
Lunghezza	0,00	m.	4,43	m.	0,69																					
ridotta	2,25																									
Altezza.....			4,50																							
Pillore o pietre rotonde ...	<table><tr><td>Larghezza.....</td><td>2,40</td></tr><tr><td>Altezza ; metà.....</td><td>0,40</td></tr></table>	Larghezza.....	2,40	Altezza ; metà.....	0,40	0,96 a f. 4,50	4.44																			
Larghezza.....	2,40																									
Altezza ; metà.....	0,40																									
Resta per impietramento in blocchi.....		4,73 a f. 5,00	23.63																							
0 ^m ,038 cubi, di pino per lavori di collegamento, al posto a fr. 40.....			4.52																							
0k,45 di ferro battuto, per 3/4 caviglie cop rivolte, a fr. 4.00 il kilogrammo.....			0.75																							
Prezzo di un metro corrente.....	Franchi	40.84																								

TIPO di N.° 3. (fig. 3.)

Lavoro stabilito sopra una profondità di acqua di 0m,50
con possibilità di 2m,50 di abbassamento.

0m,342 cubi di pino in gruma, di seconda specie; ogni metro corrente un paloncello e mezzo, ossia tre ogni due metri, di diametro 0m,22 e lunghi 6 metri, a fr. 25 il metro cubo.....	Fr.	8.55
1m,50 paloncelli battuti, ogni metro come sopra a fr. 6 l'uno		9.00
3m,40 quadrati di intrecciamento a fr. 4 il metro...		3.40
<i>Impietramento, in uno o più tempi.</i>		
Nell' interno { Lunghezza ^{m.} 2,06 { ^{m.} 3,50 fra i paloni. { Altezza... 4,70 {	} 4m,49 a fr. 5 l'uno	57.45
In avanti i pa- { Lun. ridotta 4,70 { loni { Grossezza . 4,70 {		
0m,037 cubi di legname di pino in correntame per collegazioni a fr. 40 l'uno		1.48
0x,80 di ferro battuto, per incavigliare il legname di collegazione a fr. 4.00 il kilogr.....		0.80
Prezzo di un metro corrente.....	Franchi	80.68

TIPO DI N.° 4. (fig. 4.)

Lavoro stabilito sopra una profondità di acqua di 0m,75
in conguaglio, ove non presumesi probabilità di abbassamento.

0m,259 cubi di pino in gruma, di seconda specie, per 4,1 2 paloncelli di 0m,20 di diametro e lunghi 5m,50 a fr. 25 il metro cubo	Fr.	6.48
4.1 2 battitura dei paloncelli di 0m,20 di diametro e di 5m,50 di lunghezza, a fr. 6 l'uno		9.00
3m,90 quadrati, intrecciamento, ad un franco il metro		3.90
<i>Impietramenti.</i>		
Nell' interno { Larghezza 2,10 } fra i paloni. { Altezza... 4,95 }	} 6m,97 a fr. 5	34.85
In avanti i pa- { Larghezza 2,93 } loni { Altezza... 0,98 }		
0m,037 cubi pino squadrato per collegazioni, a fr. 40 il metro cubo		1.48
0k,80 ferro battuto, per incavigliare il legname di collegazione, a fr. 4 il kilogrammo		0.80
Prezzo di un metro corrente	Franchi	56.54

TIPO DI N.° 5. (fig. 5.)

Lavoro stabilito sopra una profondità di acqua di 20,50
senza possibilità di abbassamento.

0 ^m ,453 cubi di legname di pino in gruma di secon- da specie, per 3¼ paloncelli di 0 ^m ,20 diametro, e 6 ^m ,50 di lunghezza a fr. 25 il metro cubo	Fr.	3.82
3¼ battitura dei paloncelli suddetti a fr. 4 l'uno ...		3.00
3 ^m ,75 quadrati, intrecciamento, a fr. 4 il quad.		3.75
4 ^m ,00 corrente di piantazione viva, a fr. 4.60		4.60
<i>Impietramento.</i>		
Soltanto dalla- to dell'abbas- samento. ...	Lunghezza { 0,30 m. 4,80 m.	3.60
	ridotta . { 3,30 m. 2,00 m.	
Pillore o pietre rotonde ...	Larghezza 4,50 Altezza 4 { 2 0,50	0.75 a fr. 4,50 l'uno
Resto per impietramento in blocchi e scheggioni ...	2.85	a fr. 5 l'uno. .
Prezzo di un metro corrente	Franchi	27.54

TIPO DI N.° 6. (fig. 6.)

Lavoro stabilito sopra una profondità d'acqua media di 3m,50
non suscettibile di abbassamento,
e destinato al medesimo oggetto di quello di N. 5.

0m,234 cubi di pino in gruma, di seconda specie, per 3¼ paloncelli di 0m,22 diametro, e 7m,50 lunghez- za, a 25 franchi il metro.....		5.85
3m,75 quadrati, intrecciamento, a fr. 4 il metro....		3.75
3¼ battitura dei paloncelli suddetti a fr. 5.....		3.75
4m,00 corrente di piantazione viva a fr. 1,60.....		4.60
<i>Impietramenti.</i>		
Dal lato dell'abbassamen- to.....	Lunghezza { 1,00 ridotta. { 3,30	m. m. m. 2,15 } 4.30
	Altezza..... 2,00	
Pillore o pietre rotonde ...	Larghez. 1,50	0,90
	Altezza. . 0,60	
	Larghezza in conguagli. 2,00	0,50
	Altezza. . 0,25	
		4.45.....
Resta per impietramento in blocchi e scheggioni.....	2.85	a fr. 5. 4.25
Prezzo di un metro corrente.....	Franchi 31.38	

Nella Tavola XVIII con altrettanti numeri di richiamo, sono indicati i punti aporossimativi ove corrispondono i lavori di ri-
paro e di consolidamento, enunziati negli antecedenti prospetti
e riportati nel quadro di assieme di corredo alla pianta stessa.

**Prospetto di valutazione dei preindicati lavori dedotte in ordine
al quadri parziali, ed alle lettere e numeri di richiamo delle
Tavole XVII, XVIII.**

INDICAZIONE dei Lavori.	LORO SITUAZIONE sulla Tavola XVIII.	TIPI secondo la Tavola XVII.			MONTANTE	
		Lun- ghezza.	Prezzo del metro corrente.	Num. dei Tipi.	parziale.	totale.
	Riva destra					
	da 1 a 2	300	40.81	5	12243.00	
	» 3 » 4	100	15.22	2	1522.00	
	» 4 » 5	100	15.22	2	1522.00	
	» 6 » 7	525	40.81	5	21425.25	
	» 8 » 9	10	27.54	27	275.40	
		40	31.38	28	313.80	
		Somma .. Fr.			37301.45	37301.45
	Riva sinistra					
	da 10 a 11	200	40.81	5	8162.00	
	» 11 a 12	75	15.22	2	1141.50	
	» 13 » 14	40	80.68	11	3227.20	
	» 15 » 16	60	15.22	2	913.20	
	» 16 » 17	100	40.81	5	4081.00	
	» 17 » 18	100	15.22	2	1522.00	
	» 18 » 19	50	80.68	11	4034.00	
	» 20 » 21	125	80.68	11	10085.00	
	» 22 » 23	125	56.51	13	7063.75	
	» 24 » 25	30	27.54	27	826.20	
	» 25 a 26	30	31.38	28	941.40	
		Somma .. Fr.			41997.25	41997.25
TOTALE per i lavori presi in esame nelle due Rive... Fr.						79298.70
Spesa da conteggiarsi per lo stradicamento delle spine, e per gli scavi occorrenti in certa situazione dell'alveo, affina di ren- dere regolare il suolo, per l'impianto della barriera e della dighe, nei punti non sommersi in estate						Fr. 6704.30
Resultato ... Fr.						86000.00

CAPITOLO XXV.

TEORIA DELLE SORGENTI.

Gli Antichi hanno attribuito a diverse cause l'origine delle sorgenti.

Il sentimento di alcuni era che l'acqua del mare scorresse per dei condotti sotterranei verso i punti ove trovansi delle sorgenti, e che queste acque depositassero filtrando negli strati del terreno, i sali di cui trovavansi saturate, senza riflettere che se questo principio fosse stato esatto, le fontane sarebbonsi sempre trovate nel medesimo stato, poichè il mare le avrebbe fornita in tutti i tempi una stessa quantità di acqua; lo che non si verifica assolutamente, mentre tutte sono soggette ad aumenti o diminuzioni, e che di più, secondo la legge del moto delle acque, bisognerebbe che il livello del mare si trovasse superiore alle sorgenti che cuoprono tutto il globo, mentre che ben si conosce, che il contrario si verifica.

L'opinione di altri era che si elevassero dei vapori dal centro della terra, che arrestati verso la sua superficie, entro grandi cavità in forma di volte, vi si applicassero come al capitello di un lambicco, e filtrassero verso la superficie della terra per formarvi delle fontane. Tutto ciò sente dell'ultima invenzione, poichè bisognerebbe supporre altrettanto numero di caverne quante vi ha fontane.

Alcuni altri infine, hanno pensato che l'acqua del mare de-

fluisse in degli abissi, ove un continuo fuoco riducendola in vapori, quali, elevandosi verso la superficie della terra, ed essendo condensati dal freddo che li riduceva in acqua, si raccogliessero in varii sotterranei per quindi aprirsi uno sfogo alla superficie: se quest'ultima opinione avesse qualche fondamento, le fontane anche in questa ipotesi, non diminuirebbero punto nelle siccità, nè all'opposto diverrebbero più abbondanti per le piogge.

Senza occuparsi d'avvantaggio a citare le diverse opinioni che sono state emesse su questo soggetto, sarà sufficiente di riferire che tutti gli scienziati riconoscono oggigiorno, che la pioggia e la fusione delle nevi, formano ed alimentano le fontane imbevendo la terra che ne riman penetrata fino al letto impermeabile dei tufi, delle argille e delle pietre, che arrestano l'infiltramento delle acque; di qui esse forzano verso i punti di minore spessore, per aprirsi dei passaggi, e formano così tutte queste sorgenti che cuoprono la superficie della terra, e che sono più e meno abbondanti, in ragione dell'estensione dei terreni che le alimentano.

Le sorgenti sarebbero dunque formate dall'acqua delle piogge e dalla fusione delle nevi. Per dimostrare questa verità, non si ha che a far rimarcare, che esse ingrossano dopo abbondanti piogge, diminuiscono sensibilmente, e qualche volta addiventano intermittenti, all'epoca delle grandi siccità: inoltre nei paesi caldi ed ove le piogge sono rare, non vi sono sorgenti, o vi sono rarissime, mentre che nello Alpi e nei Pirenei ove piove e nevica molto spesso, se ne incontrano ad ogni passo.

Stabilito questo principio, passeremo a parlare dei mezzi da impiegarsi per la ricerca delle sorgenti: il tempo più proprio per occuparsi dell'esplorazione delle acque sotterranee è nel mese di agosto, settembre ed ottobre, perchè se possono rinvenirse allora, siamo certi che le loro acque non verranno a mancare nelle altre stagioni; e perchè la terra essendo secca, i suoi pori sono più aperti, quindi la sua più attiva permeabilità, lascia un libero passaggio ai vapori, che indicano la presenza delle vene d'acqua.

Ecco l'opinione di Bélidor rapporto a queste ricerche.

Devonsi principalmente lungo il piede delle montagne che guardano il settentrione ricercare le sorgenti, e puossi sperare di rinvenirne altresì, presso quelle che sono esposte ai venti umidi, secondo le condizioni dei diversi paesi. È vantaggioso di rimarcare che le montagne ripide e molto scarpate, forniscono meno acque, e che al contrario quelle che hanno un dolce pendio, e che sono coperte di verdura, contengono d'ordinario una gran quantità di ruscelli e borraletti le di cui acque sono abbondanti fredde o sane, perchè le piogge e la fusione delle nevi, ne fanno un grande ammasso che vi si conserva, e vi filtra.

Per rinvenire le acque sotterranee, bisogna avanti che sorga il sole, stendersi in terra becconi, in maniera che la vista si stenda sull'orizzonte; se vedesi una colonna di vapore, elevarsi ondulando, in un punto ove non siavi umidità causata da acque superficiali, questo è un segno che scavando troverebbonsi delle acque; indicano ancora la presenza delle acque, benchè non alla superficie, quello piccolo riunioni a guisa di nuvolette, di moscerini volanti presso terra che rimangono sempre in un medesimo luogo.

Puossi ancora in quei punti ove si suppone esservi dell'acqua, forare un piccolo pozzo di un metro di diametro, su due metri di profondità; posare una caldaia rovesciata il di cui interiore sia spalmato di olio; ed in seguito chiudere la bocca di questa buca con qualche tavola coperta di terra; se l'indomani si trovano delle gocce d'acqua attaccate al didentro del vaso, ciò è un cenno indubitabile che questo luogo comprende delle vene d'acqua, e per più sicurezza può mettersi sotto il vaso qualche manata di lana, per poi vedere se strizzandola sorte dell'acqua. Finalmente i segni più semplici che indicano le vene dell'acqua, sono i giunchi, le canne, il mentone o menta salvatica, l'argentina, le ellere terrestri, le code di cavallo e le altre erbe acquatiche che prosperano in certi punti senza che le acque apparenti li putriscano.

Avvertono gli antichi, o fra gli altri Vitruvio, che il miglior mezzo pratico per accertarsi della buona qualità dell'acqua di sorgente di una data località, si è quello di esaminare se le

persone che ordinariamente ne bevono, sono robuste, di buon colorito, esenti dalla flussione di occhi, e dal male allo gambe. Vuolsi che alcune malattie che verificansi in varie speciali località (come le persone con il gozzo nel Vallese) derivino dalla cattiva qualità delle acque.

I metodi indicati per conoscere la qualità delle acque, mediante il loro esame, devono tutti considerare meno che sufficienti allo scopo, quando che non si ricorra alle vere e proprie analisi chimiche, che anch'esse trattandosi dell'acqua, sono difficili, e qualche volta danno dei risultati molti incerti.

Lo sorgenti che sorgono dal fondo delle vallate sono ordinariamente pesanti, salate, tiepide e poco piacevoli, a meno che esse non derivino dalle montagne; quelle che trovansi, nei terreni gessosi, non sono di più buon gusto delle superiormente accennate; quelle che sortono dalle sabbie mobili sono ordinariamente fangose e spiacevoli; al contrario quelle che sortono dalle sabbie grosse e pure, di derivazione affatto silicea, sono abbondanti e di buona qualità.

Ecco il rapporto del progetto sommario per fornire la città di Bordeaux di fontane il cui massimo di acqua di sorgente è fissato a 600 polci fontanieri, distribuiti nei diversi quartieri della città e formanti 600 termini-fontane.

L'acqua ed il fuoco sono sempre stati considerati come i due primi bisogni dei popoli; perciò delle scoperte stupende su questo doppio oggetto sono state fatte, ed hanno ottenute delle utili e felici applicazioni nelle grandi città, ove vedesi l'acqua ed il fuoco, scaturire dai condotti in getti di cristallo ed in globi di luce, e fornire ugualmente le piazze le vie, le case le botteghe e le officine. La bella città di Bordeaux possiede un magnifico stabilimento di gas distribuito a fornire l'illuminazione, ma da lungo tempo le amministrazioni di questa brillante città, sonosi costantemente preoccupate per dotarla di numerose fontane sgorganti acqua di sorgente, ma hanno sempre indietreggiato spaventati dall'enormità della spesa da incontrarsi.

È generalmente al caso, che devono le più belle scoperte che hanno arricchito la scienza; o sovente succede che

fannosi dei vapi sforzi per caricare lungi, ciò che si ha sotto la mano: questa ultima massima potrebbe applicarsi al problema che preoccupa da molto tempo la città di Bordeaux.

Infatti ritenuto per sicuro che il terreno fino agli strati impermeabili, serva a ricettacolo delle acqua, che alimentano le sorgenti siccome è stato in addietro avvertito, referiremo che secondo le esperienze dei dotti, cade in anno medio 0m,60 di altezza d'acqua su tutta la superficie della Francia, di cui un terzo forma i torrenti ed i grossi fiumi; il secondo terzo evapora nell'atmosfera, e l'ultimo terzo forma l'alimento delle sorgenti.

Essendo Bordeaux in situazione molto piovosa, può ritenersi con sicurezza, per il suo circondario, il risultato generale di 0m,60 di altezza d'acqua in annata media.

Il celebre Vauban ha posti in più circostanze questi stessi principii in pratica per formare delle fontane artificiali, affine di alimentare d'acqua le piazze forti che faceva costruire in posizioni elevate, ed i risultati hanno sempre corrisposto alle sue speranze.

In tutti i tempi ed in ogni luogo, l'uomo si è sempre preoccupato di ottenere dell'acqua corrente, sia dalle fontane che trovansi al piede delle montagne, sia modernamente dai pozzi artesiani; ma ben s'incontrano delle località, che non permettono approfittarsi nè dell'uno nè dell'altro di questi vantaggi senza fare dei rovinosi sacrifici, ed ancora senza poter qualche volta ottenere l'intento.

Un pozzo artesiano per Bordeaux, di cui l'esecuzione sarebbe incerta, non potrebbe raggiungere l'intento di ottenere della buona acqua di sorgente, poichè di seguito all'esperienza che è di già stata fatta senza buon successo, è certo che bisognerebbe discendere ad una profondità che darebbe dell'acqua tiepida, totalmente impropria ai bisogni della vita; quindi il sistema dei pozzi artesiani in quelle località non può essere applicato.

Le sorgenti di acqua viva propriamente detto trovansi molto lontane di Bordeaux, ed esigerebbero per essere condotte fino a

questa città delle considerabili spese, di cui la previsione ha sempre spaventato l'amministrazione.

E bene; esistono nei dintorni di Bordeaux delle sorgenti sotterranee, che formano delle raccolte d'acqua, rigettate dalli strati del terreno impermeabile, e queste devono essere molto abbondanti nella spianata della città.

In generale, tutto il mondo conosce, che scavando la terra fino allo strato del terreno impermeabile, incontransi sempre delle sorgenti di acqua viva più o meno abbondanti, ed è così che formansi i pozzi ordinarii; ma un pozzo non è altra cosa che una fontana d'acqua viva che trovasi inferiore al livello di terra; perchè se si trovasse il modo di procurarli uno scolo continuo, sia discendente sia ascendente, che fosse in rapporto con la sorgente che l'alimenta, avrebbesi costantemente dell'acqua viva, mentre che l'acqua dei pozzi essendo per così dire in uno stato di stagnazione più o meno costante, secondo la quantità di acqua che attingesi giornalmente, l'acqua che essi ricettano si eleva fino al livello della sorgente che gli alimenta e dimora perpetuamente in questo stato: così più acqua si attinge da un pozzo, e più si contribuisce a renderla migliore a causa che essa si rinnuova più spesso, ed ecco una prova patente di questa verità.

La piccola città di Marmande (Lot et Garonne) possiede da tempo immemorabile al centro della sua popolazione nel quartiere il più basso, una magnifica fontana di acqua viva, di cento pollici fontanieri, di dieci litri a minuto e per pollice. Essa è a 4m,50 al disotto della piazza ov'è situata, ed un condotto a cielo aperto, dirige le sue acque alla Garonna. Questa fontana dà mille litri per minuto, sessantamila per ora e 44400 ettolitri in ventiquattro ore.

Essa forma un bacino semicircolare, di otto metri di diametro. Le acque emergono da nove cannelle.

Allorchè vuolsi spurgare il condotto a cielo aperto, che dirige le sue acque alla Garonna, si è obbligati di chiuderlo lo sfo-go collocato all'angolo est del bacino, che si riempie allora, e l'acqua rimonta a circa 0m,30 al disopra dell'orifizio delle cannelle, che sono collocate a 0m,70 al disopra del piano del baci-

no circolare, e le acque dimorano perpetuamente a questo livello, se mantienasi chiuso il condotto di scarico: in questo stato, si conosce che questa bella fontana non è che un vero pozzo, dal quale si estraggono per i giornalieri bisogni della città, circa, cinquecento ettolitri di acqua in luogo di 44400 che offre questa sorgente al suo stato di fontana; or bene io penso che se si stabilisse in questa fontana sempre al suo stato di pozzo, una pompa a vapore, capace di aspirare i cento pollici di acqua per elevarli ad un castello superiore dal quale potessero esser distribuiti per tutta la città, si perverrebbe a ritrarre da questo pozzo, col mezzo di un condotto ascendente, la stessa quantità d'acqua che è suscettibile di produrro la fontana nel suo primitivo stato.

L'esempio significativo di questa bella fontana ridotta allo stato di pozzo per mancanza di continuo sfogo delle acque della sua sorgente, fa nascere naturalmente l'idea, che se si facesse scavare a Bordeaux, per esempio nei dintorni dello stabilimento del gaz, un gran pozzo di circa dieci metri di diametro, e fondo fino al terreno impermeabile, e quanto è possibile, nella situazione ove questo terreno impermeabile si presenta più basso, lo che suppone dei saggi fatti in precedenza, si perverrebbe ad ottenere delle acque abbondanti. Si dovrebbero scavare ancora dei condotti sotterranei verso i punti ove appaiono le polle più abbondanti, e si dovrebbe profondare una vasca di un metro nel suolo impermeabile per servire di bacino a questo pozzo.

Un'estensione almeno di una lega quadrata di terreno, alimenterebbe con le sue sorgenti questo vasto pozzo: la lega essendo di 5 chilometri o 5000 metri, la lega quadrata sarà 25 milioni di metri quadrati, e la massa d'acqua di questa lega quadrata è in annata media 5 milioni di metri cubi; togliendo il quinto da questa quantità, per le acque attirate dagli altri pozzi che possono trovarsi in questa lega quadrata, resterebbero quattro milioni di metri cubi d'acqua per anno, che potrebbero alimentare questa gran conserva, ed i 600 pollici fontanieri formanti 9000 metri cubi d'acqua per giorno, e per anno 3,295,000 supplirebbero per tutti i bisogni della città; vedesi che

questo problema è certamente solubile, poichè i bisogni sono al disotto delle previsioni le più positive, e può infine profittarsi della perdita di calorico che sprigionasi dal laboratorio del gaz per far funzionare una macchina a vapore, capace di aspirare tutta l'acqua che si raccogliesse nel detto pozzo, per elevarla in un castello d'acqua a sette metri circa al disopra del livello della piazza Delfino, di dove essa potrebbe trasportarsi con dei condotti sotterranei, nei diversi quartieri della città, ed anche nei pubblici stabilimenti e nelle case dei particolari. Si riconoscerà facilmente che l'organizzazione di un simile stabilimento, la di cui riuscita non può lasciare il minimo dubbio nello spirito degli uomini illuminati, presenterà delle immense economie, su tutto ciò che è stato proposto ed immaginato fino al presente giorno, relativamente al soggetto delle fontane di Bordeaux, e dovrebbe esser ben sorpresi, se il pollice d'acqua corrispondesse a più di tre o quattro mila franchi.

CAPITOLO XXVI.

DELLE IRRIGAZIONI.

È ben naturale che dopo aver trattato nel capitolo che precede, della teoria delle sorgenti e della loro applicazione agli usi della vita, noi ci serviamo ancora di queste medesime sorgenti per fertilizzare le contrade che esse traversano. Per provvedere alla condotta delle acque, sono stati inviati degli ingegneri in tutti i dipartimenti della Francia. Appartiene ai proprietari di secondare con tutti i loro sforzi, e con i migliori mezzi possibili, la pubblica amministrazione, in questa nuova branca di miglioramento della nostra agricoltura, in tutte quelle contrade che ne faranno una saggia e felice applicazione.

Benchè i corsi d'acqua torrentiali, apportino nello inondazioni il disordine e la devastazione sulle rive che essi lambiscono, rientrati nei loro letti essi sono destinati a rendere la vita e l'abbondanza a queste medesime contrade, poco avanti devastate, se i proprietari riveranei hanno avuta la felice idea, di praticare di tratto in tratto, ed in tutta l'estensione del loro corso, delle prese d'acqua con fossette convenevolmente stabilite, che sieno dirette a fertilizzare dei campi aridi, trasformandoli in ubertose pasture.

Per eseguire con frutto lo studio di un sistema d'irrigazione di tutta una contrada, conviene rapportare sopra le piante a quest'effetto destinate, siccome quelle del Cassini, tutte le

sorgenti e corsi d'acqua. Occorre avere delle livellazioni esatte della loro caduta in tutta l'estensione del loro tragitto; ed occorre di conoscere il loro volume d'acqua decorrente per ogni minuto secondo nel tempo delle inondazioni, come nel tempo delle siccità massime, poichè appunto in questa stagione, esse possono più utilmente esser dirette alle irrigazioni.

I paesi di collina prestansi molto meglio alle irrigazioni, che i vasti piani, perchè i corsi d'acqua vi sono più moltiplicati, e la loro caduta, ottiensì più considerabile che nei piani, onde poter praticare un più gran numero di prese d'acqua. Così le spese di irrigazione vi sono poco costose se si confrontino con quelle che esigono le prese d'acqua ed i canali d'irrigazione del paese di piano.

Ciò deriva dall'essere in quest'ultime contrade, la pendenza dei fossati e dei fiumi che le traversano molto tenue, e che per praticare delle prese d'acqua, bisogna rimontare bene avanti verso la sorgente, e costruire a traverso di mille ostacoli più o meno insormontabili, i canali d'irrigazione: questi canali saranno molto costosi, e la soluzione che presenta la loro esecuzione dipende dalla questione di sapere se i vantaggi, o il maggior valore che procureranno ai terreni irrigati, compenseranno i sacrificii che la loro costruzione avrà imposti al paese.

Le irrigazioni sono destinate a creare un doppio beneficio, cioè l'aumento dei foraggi e quello degli ingrassi. Proporzionalmente all'aumento dei foraggi, il proprietario avveduto aumenterà il bestiame, e ben presto potrà disporre di una maggior quantità di concimi, che serviranno come fomite di un progressivo miglioramento.

Noi dobbiamo dunque accettare con riconoscenza, questa iniziativa delle irrigazioni presa dal governo, e dobbiamo secondarlo con i nostri sforzi in questa opera, che ha per scopo la ricchezza del paese, ed il ben'essere generale.

Il sistema delle irrigazioni ha per scopo di dirigere con la minore spesa possibile delle acque sopra un terreno che ne era sprovvisto; queste acque sono una parte essenziale per ridurre a prateria ed atto ai foraggi, un suolo già arido ed improduttivo. Come tutto il mondo sa, per condurre delle acque da

un punto ad un altro, bisogna assicurarsi che questo ultimo punto è situato ad un livello più basso che il primo.

L'acqua, per la sua natura, tende sempre a discendere per mettersi a livello. Nel primo caso, partendo dalla sorgente, essa forma i ruscelli, i borri i torrenti i fiumi, e nel secondo, essa forma gli stagni, i laghi ed il mare.

Fissato questo principio, sarà sempre praticabile di irrigare le contrade che bordeggiano i corsi d'acqua, movendo delle presse d'acqua in punti opportuni, per farle serpeggiare con dei fossati ben combinati, a traverso tutta l'estensione dei campi aridi da fertilizzarsi.

Non è così nelle situazioni lontane dai corsi d'acqua, stagni, laghi ec., ove le difficoltà d'irrigazione sono bene più numerose e sovente insormontabili. Queste situazioni o sono montagnose, o formano delle vaste pianure; quando sono nella prima condizione ecco come conviene trattare le irrigazioni. Tutti i proprietari devono prendere di mira le acque di pioggia. Devono studiare di concerto tutti gli accidenti del terreno, come tutte le versanti delle dette acque di pioggia, per trovarvi il punto conveniente, a ricevere in riserva, una quantità di acqua piovana e di fusione di neve, che dovrà essere distribuita nei tempi di asciuttore sui terreni inferiori, quali potranno esser convertiti in praterie.

Scelto il luogo per la riserva, devono praticarsi nel dintorni, molti fossati che vi scolino le acque.

Quando poi sono nella seconda condizione, cioè a dire, dei vasti piani, bisogna come per le contrade montagnose prive d'acque correnti, aver ricorso alle acque di pioggia. A quest'effetto, tutti i proprietari della pianura che si trova nelle accennate condizioni, devono concertare le loro cure, per riunire in una o più riserve, tutte le acque di pioggia e di neve del piano, e del paese più elevato che l'avvicina, e per collocare in questa riserva, delle pompe aspiranti mosse col mezzo di un sistema di ali, come i mulini a vento. Puossi ancora scavare delle cisterne di distanza in distanza, per collocarvi delle pompe aspiranti. In mancanza di vento, possono disporsi queste pompe in maniera da ricevere un maneggio mobile dagli animali.

Per le contrade vicine a degli stagni e dei laghi, i proprietari possono pervenire ad irrigare i loro possessi col mezzo di un sistema di pompe, come è già stato detto. Si sa che le pompe godono la proprietà di aspirare l'acqua a 40m,66 al disopra del suo livello; cioè a dire che una pompa non può funzionare con successo, quando il pistone è situato ad una maggior distanza dal livello dell'acqua di 40m,66. Ma il ricettacolo dell'acqua al disopra dell'orifizio del pistone, può avere uno sfogo più sollevato, ed il limite del sollevamento deve essere in rapporto con la potenza del motore. Con questo mezzo puossi pervenire, con tenue spesa, ad irrigare una grande estensione di paese.

Per le contrade vicine a dei torrenti e fiumi, le di cui correnti sono forti e rapide, può costruirsi per elevar l'acqua necessaria all'irrigazione, una ruota idraulica a pale od a cassette, che faccia funzionare una pompa a cappelletto o ad aninella.

Laddove nelle vaste pianure si possiede il beneficio di stagni e di laghi, può ancora impiegarsi utilmente la forza del vapore per sollevare le acque al disopra della pianura, e quindi dirigerle alle irrigazioni; si osserva che un terreno di piano può mantenersi in molto migliori condizioni, innaffiandolo abbondantemente ogni tre giorni nei due o tre mesi in cui persiste il grande ardore, cosicchè la spesa per alimentare la macchina a vapore perdurante la sua azione, non sarebbe per riuscire di troppo gravosa in confronto dei benefici da ottenersene. È certo, che se i governi assumessero la direzione artistica, e l'indicazione di ben' intese speculazioni locali, l'agricoltura ed il pubblico ben' essere, verrebbero a rimanerne grandemente avvantaggiati, poichè un possidente di provincia rimarrebbe più incoraggiato dalle dimostrazioni di approvazione di un consesso di dotti delegati dallo stato, che non lo sia dalle memorie accademiche, per quanto sapienti ed istruttive, prodotte dall'operosità filantropica degli apostoli del progresso agrario.

CAPITOLO XXVII.

È sembrato al compilatore di questa Guida, di poter utilmente sostituire al Capitolo XXI della Guida del Lixaute, relativo al Calcolo delle Annualità, la seguente operetta di G. B. M. sui Calcoli d' Interesse composto discreto. Essa offre il mezzo di ottenere facilmente e con sicurezza, le riprove della maggior parte delle laboriosissime calcolazioni che nell'esercizio della professione d'ingegnere e di intraprenditore dei pubblici lavori sovente occorrono.

TAVOLE

Pei Calcoli d'interesse composto discreto, ossia di merito doppio, e per gli sconti doppi, con li enunciati di analoghi Problemi, e colle relative Formule algebriche sulla di cui base si sono compilate tali tavole, le quali sono susseguite da alcuni Casi pratici per l'uso delle medesime, non che da altre Tavole concernenti la durata probabile della Vita umana, servibili per le soluzioni delle questioni risguardanti i Vitalizii.

ENUNCIATI

**di vari Problemi che si possono risolvere coll' uso delle Tavole
annesse e Formule algebriche
relative alla soluzione dei medesimi.**

I. Posto a mutuo un capitale C per un dato numero d'anni coll' interesse annuo r per ogni lira od unità di moneta, e colla condizione che il merito sia doppio, ovvero che l'impiego sia ad interesse composto discreto, cioè che il frutto prodotto sul piede d'interesse semplice nel decorso di ciascun anno si faccia passare in aumento del capitale per fruttare con esso negli anni successivi, come se il capitale stesso diventasse di mano in mano maggiore al principio d'ogni anno successivo; si cerca quale somma S dovrà pagarsi dal Mutuatario pel capitale imprestatogli, e per gl'interessi maturati durante l'impiego del capitale medesimo.

Se il numero degli anni è un intiero n , si ha

$$S = C (1 + r)^n$$

E se il numero degli anni è frazionario, come sarebbe $n + \frac{p}{q}$, ove n è un numero intero, e $\frac{p}{q}$ una frazione dell'anno, si ha

$$S = C (1 + r)^n \left(\frac{q + pr}{p} \right)$$

II. Qual capitale C dovrà porsi a mutuo come nel problema antecedente, affinchè alla fine del tempo del mutuo si paghi la somma S pel capitale imprestato, e pel relativi interessi a merito doppio maturati nello stesso tempo?

Dalle equazioni del problema antecedente si ricava

Pel numero n intero d'anni

$$C = \frac{S}{(1 + r)^n}$$

E pel numero frazionario d'anni $n + \frac{p}{q}$

$$C = \frac{S}{(1 + r)^n \left(\frac{q + pr}{p} \right)}$$

III. In quanto tempo il capitale C dato a mutuo come sopra diventerà co' suoi interessi composti eguale alla determinata somma S ?

Assunta dal problema I l'equazione pel numero intero n degli anni, si deduce

$$(1 + r)^n = \frac{S}{C}$$

$$\text{E quindi } n = \frac{\text{Log. } S - \text{Log. } C}{\text{Log. } (1 + r)}$$

Dalla quale eguaglianza se risultasse per n un numero fratto, cioè, per esempio $n = m$ anni interi ed una frazione dell'anno, in tal caso per rinvenire la parte dell'anno oltrè gli

m interi, si prenderà la seconda equazione del problema I, e posto m invece di n , si ricaverà

$$\frac{q + pr}{q} = \frac{S}{C(1 + r)^m}$$

$$\text{Ed indi la frazione d'anno } \frac{p}{q} = \left(\frac{S}{C(1 + r)^m} - 1 \right) : r$$

IV. Per un determinato numero d'anni il capitale C venne prestato a merito doppio, ed in fine del tempo del mutuo fu pagata pel capitale ed i relativi frutti la somma S . Cercasi qual fu l'interesse annuo r d'ogni lira od unità di moneta.

Se il numero degli anni è un intero n , dalla prima equazione del problema I si trova

$$(1 + r)^n = \frac{S}{C}$$

$$\text{D'ondo } r = \sqrt[n]{\frac{S}{C}} - 1$$

Ed allorchè il numero degli anni è frazionario, cioè $n + \frac{p}{q}$, dalla seconda equazione dell'anzidetto problema I si avrà

$$(1 + r)^n \left(\frac{q + pr}{q} \right) = \frac{S}{C}$$

La quale formola sviluppata, dà un'equazione del grado $(n + 1)^{\text{esimo}}$, che si risolverà almeno coi noti metodi d'approssimazione.

V. È trascorso un numero intero n d'anni senza essere stata pagata in fine di ciascuno di essi la devoluta annuità a ; quale sarà la somma S da sborsarsi al termine de' medesimi anni per le annuità non soddisfatte, e pei relativi interessi a

merito doppio, ritenendo che r sia l'interesse annuo di una lira od unità di moneta?

L'equazione che risolve il problema è

$$S = a \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right\}$$

Se fossero passati non solo gli n anni interi senza essere stata corrisposta l'annuità a , ma ancora la frazione $\frac{p}{q}$ d'anno senza pure essere stata pagata l'analoga porzione di annuità $\frac{p}{q}a$; in tal caso la somma S da sborsarsi in fine degli anni $n + \frac{p}{q}$ è espressa dalla formula

$$S = a \left\{ \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \left(\frac{q+pr}{q} \right) + \frac{p}{q} \right\}$$

VI. Si ha da percepire una somma S alla fine di un determinato numero intero n d'anni; si domanda quale sarà l'annuità a equivalente alla detta somma S , in modo che la totalità delle annuità per gli anni n coi corrispondenti interessi a merito doppio in ragione di r per ogni lira od unità di moneta, all'anno, producano la somma S .

Per la soluzione di questo problema si assuma la prima equazione del problema antecedente, e da essa si troverà

$$a = S : \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Che se il numero degli anni fosse frazionario, cioè $n + \frac{p}{q}$, e si cercasse l'annuità a corrispondente a ciascuno degli anni interi n , e la porzione x d'annuità per la frazione $\frac{p}{q}$ dell'an-

no successivo all'ultimo degli interi n , si avrebbe dalla seconda equazione del detto problema V

$$a = S : \left\{ \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \left(\frac{q + pr}{q} \right) + \frac{p}{q} \right\}$$

$$z = S : \left\{ \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \left(\frac{q + pr}{q} \right) + \frac{p}{q} \right\} \frac{p}{q}$$

VII. Per qual numero d'anni non si dovrà ricevere l'annuità a competente alla fine d'ognuno di essi, acciocchè, terminato tale tempo, siasi in diritto di domandare la somma S pei pagamenti non eseguiti e pei corrispondenti frutti a merito doppio, regolati coll'interesse annuo r per ogni lira od unità di moneta?

Dalla prima equazione del problema V per il numero n intero d'anni si ottiene

$$\frac{(1+r)^n - 1}{r} = \frac{S}{a}$$

$$\text{Ed indi } n = \frac{\text{Log. } (S r + a) - \text{Log. } a}{\text{Log. } (1+r)}$$

Se da quest'ultima espressione risultasse un numero fratto, cioè, se si avesse $n = m$, numero intero d'anni, più una frazione; in questo emergente per rinvenire la frazione dell'anno, che unita al numero intero m forma il tempo richiesto, farà duopo assumere la seconda equazione del suddetto problema V, e da essa, dopo d'avere introdotto m invece di n , si dedurrà la seguente formola per la frazione $\frac{q}{p}$

$$\frac{p}{q} = \left\{ \frac{S}{a} - \frac{(1+r)^m - 1}{r} \right\} : (1+r)^m$$

VIII. Invece di corrispondere per un dato numero intero n d'anni, ed in fine di ciascuno di essi l'annuità a , venne al termine de' medesimi anni pagata la somma S in tacitazione delle annuità non soddisfatte, e dei relativi interessi a merito doppio. Si cerca qual interesse annuo r per ogni lira od unità di moneta fu calcolato nel pagamento della somma S .

Si prenda la prima equazione del problema antecedente, la quale è

$$\frac{(1+r)^n - 1}{r} = \frac{S}{a}$$

Si ordini per r , e si avrà un'equazione del grado n esimo, che si risolverà o coi divisori dell'ultimo termine, o per approssimazione.

Se il numero degli anni fosse fratto, cioè $n + \frac{p}{q}$, per cui si doveva non solo pagare l'annuità a in fine di ognuno degli n anni interi, ma ancora corrispondere la frazione d'annuità $\frac{p}{q}a$ al termine del tempo $n + \frac{p}{q}$, allora dalla seconda equazione del problema V si ricaverà

$$\left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right\} \left(\frac{q+pr}{q} \right) + \frac{p}{q} = \frac{S}{a}$$

Equazione, che sviluppata ed ordinata, ascenderà al grado $(n+1)$ esimo, e che si risolverà o col mezzo dei divisori dell'ultimo termine, o col metodo delle approssimazioni.

IX. Si cerca quel capitale C , che pareggia il valor presente di tutte le eguali annuità a pagabili per un determinato numero n intero d'anni, ed alla fine di ciascuno di essi, riportando tali annuità al principio degli n anni mediante lo sconto doppio, e colla condizione che lo sconto annuo sia r sopra $r+1$ lire od unità di moneta; ovvero, esponendo il problema in altro modo, giusta varii trattati d'algebra: si domanda quale sarà quel capitale C posto ad interesse in ragione di r per ogni

unità di moneta all'anno, al quale aggiungendo in fine del primo anno i relativi frutti, e dal risultato levando una somma a maggiore de' frutti medesimi; indi lasciando il residuo ad interesse per l'anno successivo, ed in fine di esso tornando a dedurre dal montante di tal residuo cogli analoghi frutti una somma a eguale a quella detratta nel primo anno, e così seguitando per un dato numero intero n d'anni al termine di essi nulla più rimanga in impiego.

Il capitale richiesto si ha dall'equazione

$$C = a \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right\}$$

Se il numero degli anni fosse frazionario, cioè $n + \frac{p}{q}$, sicchè la porzione d'annuità pagabile per la frazione $\frac{p}{q}$ d'anno, ed alla fine del tempo $n + \frac{p}{q}$ fosse $\frac{p}{q}a$, si avrebbe

$$C = a \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} + \frac{1}{(1+r)^n} \times \frac{p}{q + pr} \right\}$$

X. Si vuole convertire il capitale C in un'annuità a pagabile per un determinato numero intero n d'anni, ed alla fine di ciascuno di essi; si domanda quale sarà tale annuità, colla quale perciò devesi estinguere nel suindicato modo, e nei detti anni il nominato capitale in un co' relativi frutti regolati con interesse annuo di r per ogni lira od unità di moneta.

Dalla prima equazione del problema antecedente si ottiene la richiesta annuità, cioè

$$a = C : \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$$

Qualora si trattasse di ridurre il suddetto capitale C in un annuità pagabile come sopra per un determinato numero intie-

ro n d'anni, ed in una porzione z d'annuità corrispondente alla frazione $\frac{p}{q}$ dell'anno successivo all'ultimo degli n interi, si assumerà l'equazione seconda del problema IX, e da essa si ricaverà

$$a = C : \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} + \frac{1}{(1+r)^n} \times \frac{p}{q+pr} \right\}$$

Da questa equazione si otterrà poi

$$z = \frac{p}{q} C : \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} + \frac{1}{(1+r)^n} \times \frac{p}{q+pr} \right\}$$

XI. Per quanti anni si dovrà corrispondere l'annuità a in fine d'ognuno di essi onde estinguere nel modo retro spiegato il capitale C pagato in principio di tali anni, ed i relativi frutti d'ésunti coll'interesse annuo r per ciascheduna lira od unità di moneta?

Dalla prima equazione del problema IX si ottiene

$$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = \frac{C}{a}$$

$$\text{Ed } n = \frac{\text{Log. } a - \text{Log. } (a - Cr)}{\text{Log. } (1+r)}$$

Se per n emerge un numero fratto, vale a dire se n riesce eguale al numero intero m d'anni con di più una frazione; in tal caso per ritrovare la parte dell'anno successivo agli m , la quale coi medesimi costituisce il richiesto tempo, si assume la

seconda equazione del suddetto problema IX, e postovi m in luogo di n , si ricava

$$\frac{p}{q + pr} = \left\{ \frac{C}{a} - \frac{(1 + r)^m - 1}{r(1 + r)^m} \right\} (1 + r)^m$$

E da questa equazione, chiamato D il secondo membro, si ottiene la richiesta frazione $\frac{p}{q}$ d'anno

$$\frac{p}{q} = \frac{D}{1 - Dr}$$

Ovvero, rimettendo il valore di D , e riducendo

$$\frac{p}{q} = \frac{1}{a - Cr} \left\{ C - a \left[\frac{(1 + r)^m - 1}{r(1 + r)^m} \right] \right\}$$

XII. Il capitale C sborsato in principio di n anni interi venne estinto ne' modi retro espressi coll'annuità a pagata in fine di ciascuno de' medesimi anni. Si domanda con quale interesse annuo r per ogni lira od unità di moneta furono calcolati i frutti relativi al detto capitale.

Presa la prima formula del problema antecedente, la quale è

$$\frac{(1 + r)^n - 1}{r(1 + r)^n} = \frac{C}{a}$$

e sviluppata ed ordinata darà un'equazione del grado $(n + 1)^{\text{esimo}}$, che si risolverà e col metodo dei divisori dell'ultimo termine, o per approssimazione.

Quando il numero degli anni fosse fratto, per esempio $n + \frac{p}{q}$, per cui il capitale sopra espresso co' relativi interessi fosse stato estinto non solo coll' annuità a pagata alla fine di ciascu-
na degli n anni intieri, ma altresì colla frazione $\frac{p}{q}a$ di annuità
corrisposta al termine del tempo $n + \frac{p}{q}$; in allora si assume-
rebbe la seconda equazione del problema IX, la quale dà im-
mediatamente la formula

$$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} + \frac{1}{(1+r)^n} \times \frac{q}{q+pr} = \frac{C}{a}$$

Questa, sviluppata ed ordinata, produrrebbe un' equazione
del grado $(n + 2)^{\text{esimo}}$, che si risolverebbe co' testè indicati
metodi.

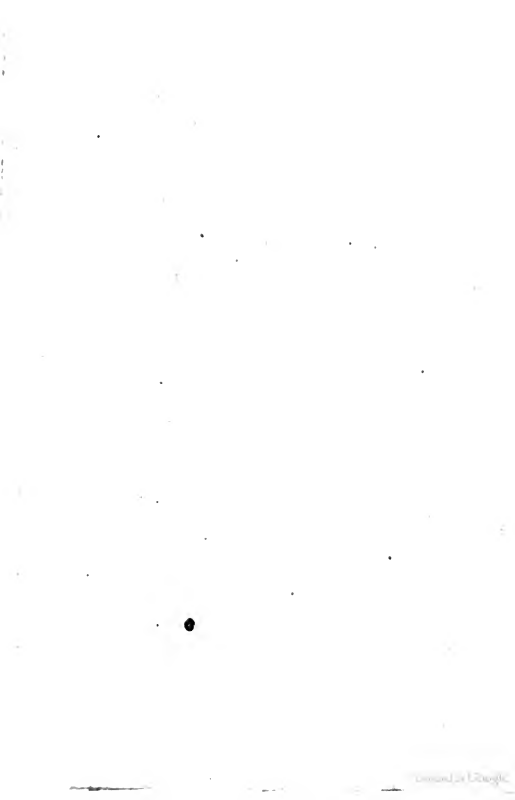
AVVERTIMENTI.

1. *Le soluzioni de' retro esposti problemi, eccetto quelle de' numeri V, VI, VII e VIII, trovansi in diversi Trattati algebrici, e fra gli altri nell' Algebra del Bossut, negli Elementi di Matematica del Venini, nella Scienza del calcolo del Franchini, e più diffusamente negli Elementi della dottrina degli interessi, ec. del Lotteri, e nell' Esame analitico di alcuni punti concernenti la dottrina degli Interessi del Cratognini. Per le soluzioni poi dei problemi V e VI, quando il numero degli anni è intero, si può vedere il Nuovo metodo per fare la stima de' boschi del signor Ridolo. Ingegnere bresciano; e dalle risoluzioni date dal medesimo Ingegnere si dedurranno colla massima facilità quelle degli stessi problemi nel caso in cui il numero degli anni è frazionario.*

2. *In alcuni de' sopra espressi problemi non si espose immediatamente l'equazione finale, che offre il richiesto valore algebrico dell' incognita. Ciò si è fatto colla vista di scrivere anche quelle formule, alle quali sono appoggiate le sole regole per la risoluzione de' casi pratici, che si daranno in seguito, col mezzo delle Tavole qui in appresso pei calcoli d' interesse e di sconto.*

3. *A compimento de' problemi relativi agli interessi e sconti si avrebbe dovuto esporre anche le formule pei problemi analoghi agl' interessi e sconti tanto semplici quanto composti continui, e redigerne le analoghe Tavole; ma pei semplici, essendo sì fa-*

cili e brevi i conteggi da essi dipendenti, non occorre di dare formule, nè tanto meno di compilare delle apposite Tavole. Rispetto poi all'interesse e sconto composto continuo, benchè più giusto del composto discreto, non essendo il medesimo in uso in alcuna parte d'Europa, si è creduto di non farne alcuna parola. Sarebbe però desiderabile che i problemi allo stesso competenti fossero trattati coi principii del calcolo dell'immortale Lagrange stati dall'esimio Bordonì tanto illustrati ed applicati colla più ampia generalità e facilità ad ogni problema di matematica pura e mista, che ne richiede l'uso, mentre così svanirebbero alcune oscurità, che produssero qualche discrepanza fra alcuni distinti Professori.



TAVOLE

*pei calcoli d'interesse a merito doppio
e per gli sconti doppli.*

Queste Tavole sono tredici; la prima è formata coll'interesse annuo del tre per cento e collo sconto annuo del tre sopra cento tre, e dall'una all'altra variano gl'interessi e gli sconti d'un quarto di lira o d'unità monetaria, terminando la decimaterza Tavola coll'interesse del sei per cento, e collo sconto del sei sopra cento sei. Ciascuna di esse si estende dall'uno fino ai cinquanta anni intieri, numero eccedente il massimo degli anni assegnati per la durata della vita probabile nelle analoghe altre Tavole che seguono le indicate. I calcoli poi contenuti nelle presenti Tavole, relativi alle frazioni dell'anno, sono appoggiati alla divisione dell'anno medesimo in dodici mesi, siccome la più naturale, e quella che può occorrere nella maggior parte de' casi pratici.

Ogni tavola è composta di sei colonne: nella I sono scritti in linea verticale ed in ordine progressivo dall'alto al basso i numeri naturali dall'unità fino al cinquanta inclusivamente, i quali indicano gli anni, e fino all'undici anche i mesi. Li numeri esistenti nella II colonna esprimono una lira o l'unità di moneta co'suoi interessi composti per gli anni intieri, che si trovano scritti sulla stessa linea orizzontale nella I colonna. I numeri scritti nella III colonna danno quella somma co'suoi interessi composti equivalente all'annuità di una lira od unità di moneta, che si doveva pagare alla fine di ciascuno degli anni notati in corrispondenza, nella prima colonna. I numeri che trovansi nella IV colonna offrono quei capitali rispettivi, che sarebbero da sborsarsi al principio d'un numero d'anni corrispondentemente indicati nella I colonna, in luogo d'una lira od uni-

tà di moneta pagabile alla fine di ciascuno de' medesimi. La V e la VI colonna servono, come si vedrà ne' casi in appresso, pel calcolo degli interessi e sconti come sopra di una lira od unità di moneta, quando il tempo è composto di un numero intero d'anni, e di un numero di mesi.

Tutti poi i numeri contenuti nelle suddette colonne, eccettuata la prima, hanno la parte frazionaria in decimali.

(3)

TAVOLA PRIMA.

Interessi annui del 5 per 100, e sconti del 5 sopra 105 all'anno, cioè $r=0,05$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0300000	1,0000000	0,9708738	1,002500	0,083125
2	1,0609000	2,0300000	1,9131697	1,005000	0,165837
3	1,0927270	3,0909000	2,8286144	1,007500	0,248139
4	1,1255088	4,1836270	3,7170984	1,010000	0,330033
5	1,1592741	5,3091358	4,5797072	1,012500	0,411523
6	1,1940523	6,4684099	5,4174915	1,015000	0,492611
7	1,2298739	7,6624621	6,2302830	1,017500	0,573300
8	1,2667701	8,8923360	7,0196922	1,020000	0,653594
9	1,3047732	10,1594061	7,7861089	1,022500	0,733496
10	1,3439161	11,4638793	8,5302028	1,025000	0,813008
11	1,3842339	12,8077957	9,2526244	1,027500	0,892133
12	1,4257609	14,1920295	9,9540040	"	"
13	1,4685337	15,6177904	10,6349553	"	"
14	1,5125897	17,0863241	11,2960731	"	"
15	1,5579675	18,5989139	11,9379351	"	"
16	1,6047064	20,1568813	12,5611020	"	"
17	1,6528476	21,7615877	13,1661185	"	"
18	1,7024331	23,4144353	13,7535131	"	"
19	1,7535061	25,1168684	14,3237994	"	"
20	1,8061142	26,8703745	14,8774749	"	"
21	1,8602946	28,6764857	15,4150242	"	"
22	1,9161034	30,5367803	15,9369467	"	"
23	1,9735865	32,4528837	16,4436084	"	"
24	2,0327941	34,4264702	16,9355422	"	"
25	2,0937779	36,4592643	17,4131478	"	"

(3)

TAVOLA PRIMA.

Interessi annui del 3 per 100, e sconti del 3 sopra 105 all'anno, cioè $r=0,03$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p $q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,1565913	38,5530422	17,8768425	"	"
27	2,2212490	40,7096335	18,3270315	"	"
28	2,2879277	42,9309225	18,7644083	"	"
29	2,3565655	45,2184502	19,1884547	"	"
30	2,4272625	47,5754157	19,6004444	"	"
31	2,5000803	50,0026781	20,0004286	"	"
32	2,5750828	52,5027585	20,3887656	"	"
33	2,6523352	55,0778442	20,7657918	"	"
34	2,7319053	57,7304765	21,1318367	"	"
35	2,8138625	60,4620818	21,4872201	"	"
36	2,8982783	63,2759442	21,8322526	"	"
37	2,9852267	66,1742225	22,1672362	"	"
38	3,0747835	69,1594492	22,4924623	"	"
39	3,1670270	72,2342327	22,8082159	"	"
40	3,2620378	75,4012597	23,1147727	"	"
41	3,3598989	78,6632975	23,4124007	"	"
42	3,4606959	82,0231965	23,7013599	"	"
43	3,5645168	85,4838923	23,9819029	"	"
44	3,6714523	89,0484091	24,2542746	"	"
45	3,7815958	92,7198613	24,5187133	"	"
46	3,8950437	96,5014572	24,7754498	"	"
47	4,0118950	100,3965009	25,0217086	"	"
48	4,1322519	104,4083959	25,2667074	"	"
49	4,2562494	108,5406478	25,5016577	"	"
50	4,3839060	112,7968673	25,7297647	"	"

(3 ¹/₄)

TAVOLA SECONDA.

Interessi annui del 3 ¹ / ₄ per 100, e sconti del 3 ¹ / ₄ sopra 105 ¹ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0525$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0325000	1,0000000	0,9685230	1,002708	0,083108
2	1,0660563	2,0325000	1,9065598	1,005416	0,165769
3	1,1007031	3,0985562	2,8450700	1,008125	0,247985
4	1,1364759	4,1992593	3,6949831	1,010833	0,329761
5	1,1734414	5,3357352	4,5471992	1,013544	0,411099
6	1,2115473	6,5094467	5,3725900	1,016250	0,492005
7	1,2508226	7,7206939	6,1720000	1,018958	0,572480
8	1,2915775	8,9716464	6,9462470	1,021667	0,652528
9	1,3335538	10,2631940	7,6961230	1,024375	0,732154
10	1,3768943	11,5967478	8,4223951	1,027083	0,811359
11	1,4216434	12,9736421	9,1258064	1,029792	0,890148
12	1,4678468	14,3952854	9,8070764	"	"
13	1,5155548	15,8634322	10,4669021	"	"
14	1,5648072	17,3786840	11,1059585	"	"
15	1,6156635	18,9434943	11,7248992	"	"
16	1,6681725	20,5594547	12,3243576	"	"
17	1,7223881	22,2273272	12,9049468	"	"
18	1,7783658	23,9497454	13,4672609	"	"
19	1,8361626	25,7280811	14,0118749	"	"
20	1,8958379	27,5642438	14,5393462	"	"
21	1,9574527	29,4600817	15,0502442	"	"
22	2,0210699	31,4175343	15,5450047	"	"
23	2,0867546	33,4386042	16,0242147	"	"
24	2,1545742	35,5253589	16,4883435	"	"
25	2,2245978	37,6799330	16,9378630	"	"

(3 ¹/₄)

TAVOLA SECONDA.

Interessi annui del 3 ¹ / ₄ per 100, e sconti del 3 ¹ / ₄ sopra 103 ¹ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0325$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q \rightarrow pr$ q	p $q \rightarrow pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,2968973	39,9045309	17,3732329	"	"
27	2,3713464	42,2014281	17,7948987	"	"
28	2,4486217	44,5729745	18,2032917	"	"
29	2,5282019	47,0215962	18,5988298	"	"
30	2,6103684	49,5497981	18,9819174	"	"
31	2,6952034	52,1601665	19,3529467	"	"
32	2,7827996	54,8553719	19,7122970	"	"
33	2,8732406	57,6384715	20,0603381	"	"
34	2,9666209	60,5114121	20,3974200	"	"
35	3,0630361	63,4780330	20,7238934	"	"
36	3,1625847	66,5410691	21,0400905	"	"
37	3,2653687	69,7036538	21,3463346	"	"
38	3,3714932	72,9690226	21,6429391	"	"
39	3,4810668	76,3403158	21,9302074	"	"
40	3,5942014	79,8215826	22,2084333	"	"
41	3,7110130	83,4137810	22,4779015	"	"
42	3,8316209	87,1267970	22,7388840	"	"
43	3,9561486	90,9584179	22,9916587	"	"
44	4,0847234	94,9145665	23,2364729	"	"
45	4,2174769	98,9992899	23,4735822	"	"
46	4,3545449	103,2167668	23,7032273	"	"
47	4,4960676	107,5715118	23,9256439	"	"
48	4,6421898	112,0673793	24,1410593	"	"
49	4,7930610	116,7095692	24,3496944	"	"
50	4,9488353	121,5026302	24,5517621	"	"

(3 ¹/₂)

TAVOLA TERZA.

Interessi annui del 3 ¹ / ₂ per 100, esconti del 3 ¹ / ₂ sopra 103 ¹ / ₂ all'anno, cioè $r=0,0350$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0350000	1,0000000	0,9661836	1,002917	0,083091
2	1,0712250	2,0350000	1,8996943	1,005833	0,165700
3	1,1087179	3,1062250	2,8016370	1,008750	0,247831
4	1,1475230	4,2149428	3,6730792	1,011667	0,329489
5	1,1876863	5,3624658	4,5150524	1,014583	0,410678
6	1,2292553	6,5501522	5,3285530	1,017500	0,491400
7	1,2722793	7,7794075	6,1145440	1,020417	0,571661
8	1,3168090	9,0516867	6,8739555	1,023333	0,651466
9	1,3628974	10,3684958	7,6076865	1,026250	0,730816
10	1,4105988	11,7313531	8,3166053	1,029167	0,809717
11	1,4599697	13,1419919	9,0015510	1,032083	0,888171
12	1,5110687	14,6019616	9,6633343	"	"
13	1,5639561	16,1130303	10,3027285	"	"
14	1,6186945	17,6769863	10,9205203	"	"
15	1,6753488	19,2956808	11,5174109	"	"
16	1,7339860	20,9710297	12,0941168	"	"
17	1,7946756	22,7050157	12,6513206	"	"
18	1,8574892	24,4996913	13,1896817	"	"
19	1,9225013	26,3571805	13,7098374	"	"
20	1,9897889	28,2796818	14,2124033	"	"
21	2,0594315	30,2694706	14,6979742	"	"
22	2,1315116	32,3289021	15,1671248	"	"
23	2,2061145	34,4604137	15,6204105	"	"
24	2,2833285	36,6665282	16,0583676	"	"
25	2,3632450	38,9498567	16,4815146	"	"

(3^{1/2})

TAVOLA TERZA.

Interessi annui del 3^{1/2} per 100, e sconti del 3^{1/2} sopra 105^{1/2} all'anno, cioè $r=0,0350$.

n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,4459586	44,3131017	46,8903523	»	»
27	2,5315671	43,7590602	47,2853645	»	»
28	2,6201720	46,2906273	47,6670188	»	»
29	2,7118780	48,9107993	48,0357670	»	»
30	2,8067937	51,6226773	48,3920454	»	»
31	2,9050315	54,4294709	48,7362758	»	»
32	3,0067076	57,3345024	49,0688655	»	»
33	3,1119424	60,3412100	49,3902082	»	»
34	3,2208603	63,4531524	49,7006842	»	»
35	3,3335904	66,6740127	50,0006611	»	»
36	3,4502661	70,0076032	50,2904938	»	»
37	3,5710254	73,4578693	50,5705254	»	»
38	3,6960413	77,0288947	50,8410874	»	»
39	3,8253717	80,7249060	51,1024999	»	»
40	3,9592597	84,5502777	51,3550723	»	»
41	4,0978338	88,5095374	51,5994037	»	»
42	4,2412580	92,6073713	51,8348828	»	»
43	4,3897020	96,8486292	52,0626887	»	»
44	4,5433416	101,2383313	52,2827910	»	»
45	4,7023586	105,7816729	52,4954503	»	»
46	4,8669441	110,4840344	52,7009181	»	»
47	5,0372840	115,3509725	52,8994378	»	»
48	5,2135890	120,3882566	53,0912442	»	»
49	5,3960646	125,6018456	53,2765645	»	»
50	5,5849269	130,9979101	53,4556179	»	»

(3²/₄)

TAVOLA QUARTA.

Interessi annui del 3 ³ / ₄ per 100, e sconti del 3 ³ / ₄ sopra 103 ³ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0375$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{q}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	4,0375000	4,0000000	0,9638554	1,003125	0,083074
2	4,0764063	2,0375000	4,8928727	1,006250	0,165634
3	4,1167745	3,1139062	2,7883440	1,009375	0,247678
4	4,1586504	4,2306777	3,6513844	1,012500	0,329248
5	4,2020998	5,3893281	4,4832618	1,015625	0,410256
6	4,2474785	6,5944279	5,2850746	1,018750	0,490797
7	4,2939477	7,8386065	6,0579004	1,021875	0,570846
8	4,3424708	9,1325542	6,8027955	1,025000	0,650406
9	4,3928134	10,4750250	7,5207668	1,028125	0,729483
10	4,4450439	11,8678384	8,2127873	1,031250	0,808084
11	4,4992331	13,3128824	8,8797949	1,034375	0,886203
12	4,5554543	14,8121155	9,5226940	»	»
13	4,6137839	16,3675698	10,1423556	»	»
14	4,6743008	17,9813537	10,7396198	»	»
15	4,7370870	19,6556544	11,3152962	»	»
16	4,8022278	21,3927445	11,8701650	»	»
17	4,8698413	23,1949693	12,4049784	»	»
18	4,9399293	25,0647806	12,9204644	»	»
19	2,0126766	27,0047099	13,4173149	»	»
20	2,0884520	29,0173865	13,8962042	»	»
21	2,1664577	31,1055385	14,3577872	»	»
22	2,2476999	33,2719962	14,8026865	»	»
23	2,3319886	35,5196961	15,2315050	»	»
24	2,4194382	37,8516847	15,6448244	»	»
25	2,5101671	40,2711229	16,0432040	»	»

(3 ³/₄)

TAVOLA QUARTA.

Interessi annui del 3 ³ / ₄ per 100, e sconti del 3 ³ / ₄ sopra 103 ³ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0575$.					
n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,6042984	42,7812900	16,4271845	"	"
27	2,7019596	45,3855883	16,7972863	"	"
28	2,8032830	48,0875479	17,1540109	"	"
29	2,9084062	50,8908309	17,4978418	"	"
30	3,0174714	53,7992371	17,8292451	"	"
31	3,1306266	56,8167085	18,1486700	"	"
32	3,2480251	59,9473351	18,4565494	"	"
33	3,3698260	63,1953601	18,7533006	"	"
34	3,4961945	66,5651862	19,0393259	"	"
35	3,6273018	70,0613806	19,3150129	"	"
36	3,7633256	73,6886824	19,5807354	"	"
37	3,9044503	77,4520080	19,8368534	"	"
38	4,0508672	81,3364580	20,0837141	"	"
39	4,2027747	85,34073252	20,3216521	"	"
40	4,3603787	89,6100999	20,5509900	"	"
41	4,5238930	93,9704787	20,7720386	"	"
42	4,6935389	98,4943716	20,9850974	"	"
43	4,8695466	103,1879106	21,1904553	"	"
44	5,0521546	108,0574572	21,3883907	"	"
45	5,2416104	113,1096118	21,5791717	"	"
46	5,4381708	118,3512223	21,7630571	"	"
47	5,6421022	123,7893931	21,9402960	"	"
48	5,8536811	129,4314954	22,1111287	"	"
49	6,0731941	135,2851765	22,2757867	"	"
50	6,3009389	141,3583706	22,4344932	"	"

(4)

TAVOLA QUINTA.

Interessi annui del 4 per 100, e sconti del 4 sopra 104 all'anno, cioè $r=0,04$.

n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0400000	1,0000000	0,9615385	1,003333	0,083056
2	1,0816000	2,0400000	1,8860947	1,006667	0,165562
3	1,1248640	3,1216000	2,7750910	1,010000	0,247524
4	1,1698586	4,2464640	3,6298952	1,013333	0,328947
5	1,2166529	5,4163225	4,4518223	1,016667	0,409836
6	1,2653190	6,6329754	5,2421369	1,020000	0,490196
7	1,3159318	7,8982945	6,0020547	1,023333	0,570032
8	1,3685691	9,2142262	6,7327449	1,026667	0,649350
9	1,4233118	10,5827953	7,4353316	1,030000	0,728155
10	1,4802443	12,0061071	8,1108953	1,033333	0,806451
11	1,5394541	13,4863514	8,7604767	1,036667	0,884244
12	1,6010322	15,0258054	9,3850738	"	"
13	1,6650733	16,6268377	9,9856478	"	"
14	1,7316764	18,2919112	10,5631229	"	"
15	1,8009435	20,0235876	11,1183874	"	"
16	1,8729812	21,8245311	11,6522956	"	"
17	1,9479005	23,6975124	12,1656689	"	"
18	2,0258165	25,6454129	12,6592970	"	"
19	2,1068492	27,6712294	13,1339394	"	"
20	2,1911231	29,7780786	13,5903263	"	"
21	2,2787681	31,9692017	14,0291599	"	"
22	2,3699188	34,2479698	14,4511153	"	"
23	2,4647155	36,6178886	14,8568417	"	"
24	2,5633042	39,0826041	15,2469631	"	"
25	2,6658363	41,6459083	15,6220799	"	"

(4)

TAVOLA QUINTA.

Interessi annui del 4 per 100, e sconti del 4 sopra 104 all'anno, cioè $r=0,04$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,7724698	44,3447446	15,9827692	»	»
27	2,8833686	47,8742144	16,3295857	»	»
28	2,9987033	49,9675830	16,6630632	»	»
29	3,1186545	52,9662863	16,9837446	»	»
30	3,2433975	56,0849377	17,2920333	»	»
31	3,3731334	59,3283352	17,5884935	»	»
32	3,5080587	62,7044686	17,8735544	»	»
33	3,6483811	66,2095274	18,1476456	»	»
34	3,7943163	69,8579085	18,4114977	»	»
35	3,9460890	73,6522248	18,6646131	»	»
36	4,1039326	77,5983438	18,9082819	»	»
37	4,2680899	81,7022464	19,1425787	»	»
38	4,4388135	85,9703362	19,3678644	»	»
39	4,6163660	90,4094497	19,5844848	»	»
40	4,8010206	95,0255457	19,7927738	»	»
41	4,9930645	99,8265363	19,9930547	»	»
42	5,1927839	104,8195978	20,1856267	»	»
43	5,4004953	110,0123847	20,3707949	»	»
44	5,6165450	115,4128769	20,5488442	»	»
45	5,8411757	121,0293920	20,7200396	»	»
46	6,0748227	126,8705677	20,8846535	»	»
47	6,3178156	132,9453904	21,0429360	»	»
48	6,5705282	139,2632060	21,1954308	»	»
49	6,8333494	145,8337343	21,3414749	»	»
50	7,1066833	152,6670836	21,4824845	»	»

(4 1/4)

TAVOLA SESTA.

Interessi annui del 4 1/4 per 100, e sconti del 4 1/4 sopra 104 1/4 all'anno, cioè $r=0,0425$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0425000	1,0000000	0,9592326	1,003542	0,083039
2	1,0868063	2,0425000	1,8793598	1,007083	0,165491
3	1,1329955	3,1293062	2,7649758	1,010625	0,247372
4	1,1814478	4,2623048	3,6086099	1,014467	0,328677
5	1,2313466	5,4434496	4,4207289	1,017708	0,409446
6	1,2836788	6,6747962	5,1997400	1,021250	0,489596
7	1,3382352	7,9584750	5,9469928	1,024792	0,569224
8	1,3951402	9,2967102	6,6637821	1,028333	0,648298
9	1,4544024	10,6918204	7,3513497	1,031875	0,726832
10	1,5162145	12,1462227	8,0408870	1,035417	0,804829
11	1,5806536	13,6624372	8,6435367	1,038958	0,882294
12	1,6478344	15,2430908	9,2503949	"	"
13	1,7178642	16,8909222	9,8325434	"	"
14	1,7908734	18,6087864	10,3908999	"	"
15	1,8669855	20,3996598	10,9265226	"	"
16	1,9463324	22,2666453	11,4403095	"	"
17	2,0290546	24,2129778	11,9331506	"	"
18	2,1152862	26,2420293	12,4058999	"	"
19	2,2051859	28,3373455	12,8593764	"	"
20	2,2989063	30,5625045	13,2943658	"	"
21	1,3966098	32,8644078	13,7146249	"	"
22	2,4984657	35,2580476	14,1118675	"	"
23	2,6046505	37,7564834	14,4957962	"	"
24	2,7153482	40,3644339	14,8640731	"	"
25	2,8307505	43,0764821	15,2173363	"	"

(4 1/4)

TAVOLA SESTA.

Interessi annui del 4 1/4 per 100, e sconti del 4 1/4 sopra 104 1/4 all'anno, cioè $r=0,0425$.					
n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,9510574	45,9072326	15,5561979	"	"
27	3,0764773	48,8582900	15,8812450	"	"
28	3,2072276	51,9347673	16,1930407	"	"
29	3,3435348	55,1419919	16,4921254	"	"
30	3,4856350	58,4855297	16,7790172	"	"
31					
32	3,6337745	61,9711647	17,0542131	"	"
33	3,7882099	65,6049392	17,3184900	"	"
34	3,9492088	69,3931491	17,5714053	"	"
35	4,1170502	73,3423579	17,8142977	"	"
36	4,2920248	77,4594082	18,0472879	"	"
37					
38	4,4744359	81,7514330	18,2707798	"	"
39	4,6645994	86,2258689	18,4851605	"	"
40	4,8628449	90,8904684	18,6908014	"	"
41	5,0695158	95,7533132	18,8880589	"	"
42	5,2849702	100,8228291	19,0772747	"	"
43					
44	5,5095845	106,1077993	19,2587767	"	"
45	5,7437387	111,6173808	19,4328793	"	"
46	5,9878476	117,3614495	19,5998843	"	"
47	6,2423341	123,3489674	19,7600808	"	"
48	6,5076302	129,5912982	19,9137466	"	"
49					
50	6,7842045	136,0989283	20,0611478	"	"
51	7,0725331	142,8831328	20,2025399	"	"
52	7,3734158	149,9556659	20,3384677	"	"
53	7,6864732	157,3287817	20,4682664	"	"
54	8,0131483	165,0152549	20,5930613	"	"

(4 2/3)

TAVOLA SETTIMA.

Interessi annui del $4\frac{1}{2}\%$ per 100, e sconti del $4\frac{1}{2}\%$ sopra $104\frac{1}{2}\%$ all'anno, cioè $r=0,0450$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q-pr}{q}$	$\frac{p}{q-pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0450000	1,0000000	0,9569378	1,003750	0,083022
2	1,0920250	2,0450000	1,8726678	1,007500	0,165425
3	1,1411661	3,1370250	2,7489644	1,011250	0,247248
4	1,1925486	4,2781944	3,5875257	1,015000	0,328407
5	1,2464819	5,4707097	4,3899767	1,018750	0,408998
6	1,3022604	6,7168946	5,1578725	1,022500	0,488998
7	1,3608648	7,0194518	5,8927009	1,026250	0,568443
8	1,4221006	9,3800436	6,5958864	1,030000	0,647249
9	1,4860954	10,8021142	7,2687905	1,033750	0,725544
10	1,5529694	12,2882094	7,9127182	1,037500	0,803243
11	1,6228530	13,8444788	8,5289169	1,041250	0,880352
12	1,6958814	15,4640348	9,1185808	"	"
13	1,7721961	17,1599133	9,6828524	"	"
14	1,8519449	18,9324094	10,2228253	"	"
15	1,9352825	20,7840543	10,7395457	"	"
16	2,0223702	22,7193367	11,2340150	"	"
17	2,1133768	24,7447069	11,7071944	"	"
18	2,2084788	26,8550837	12,1599918	"	"
19	2,3078603	29,0635625	12,5932936	"	"
20	2,4117140	31,3714228	13,0079365	"	"
21	2,5202442	33,7831368	13,4047239	"	"
22	2,6336520	36,3033779	13,7844248	"	"
23	2,7521663	38,9370299	14,1477749	"	"
24	2,8760138	41,6891963	14,4954784	"	"
25	3,0054345	44,5652401	14,8282090	"	"

(4 %)

TAVOLA SETTIMA.

Interessi annui del 4 $\frac{1}{2}$ per 100, e sconti del 4 $\frac{1}{2}$ sopra 104 $\frac{1}{2}$ all'anno, cioè $r=0,0450$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$	p
				q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	3,1406790	47,5706446	15,1466114	"	"
27	3,2820096	50,7113236	15,4513028	"	"
28	3,4296999	53,9933331	15,7428735	"	"
29	3,5840365	57,4230331	16,0218885	"	"
30	3,7453181	61,0070696	16,2888885	"	"
31	3,9138575	64,7523878	16,5443910	"	"
32	4,0899810	68,6662452	16,7888909	"	"
33	4,2740302	72,7562263	17,0228621	"	"
34	4,4663615	77,0302564	17,2467580	"	"
35	4,6673478	81,4966180	17,4610124	"	"
36	4,8773785	86,1639658	17,6660406	"	"
37	5,0968605	91,0413443	17,8622398	"	"
38	5,3262192	96,1382048	18,0499902	"	"
39	5,5658991	101,4644240	18,2296357	"	"
40	5,8163645	107,0303230	18,4015844	"	"
41	6,0781009	112,8466876	18,5661095	"	"
42	6,3516135	118,9247885	18,7235498	"	"
43	6,6374382	125,2764040	18,8742103	"	"
44	6,9361229	131,9138422	19,0183831	"	"
45	7,2482484	138,8499651	19,1563474	"	"
46	7,5744196	146,0982135	19,2883707	"	"
47	7,9152685	153,6726331	19,4147088	"	"
48	8,2714556	161,5879016	19,5356065	"	"
49	8,6436711	169,8593572	19,6512081	"	"
50	9,0326363	178,5030283	19,7620078	"	"

(4²/4)

TAVOLA OTTAVA.

Interessi annui del $\frac{3}{4}\%$ per 100, e sconti del $\frac{3}{4}\%$ sopra 10% $\frac{3}{4}\%$ all'anno, cioè $r=0,0475$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0475000	1,0000000	0,9546539	1,003558	0,083005
2	1,0972563	2,0475000	1,8660181	1,007917	0,165358
3	1,1493759	3,1447562	2,7360554	1,011875	0,247066
4	1,2039713	4,2941321	3,5666400	1,015833	0,328138
5	1,2611599	5,4981034	4,3595609	1,019792	0,408580
6	1,3210650	6,7592632	5,1165260	1,023750	0,488400
7	1,3838156	8,0803284	5,8391636	1,027708	0,567606
8	1,4494468	9,4641439	6,5290364	1,031667	0,646203
9	1,5184003	10,9136908	7,1876243	1,035625	0,724200
10	1,5905243	12,4320911	7,8163478	1,039583	0,801603
11	1,6660742	14,0226154	8,4165611	1,043542	0,878418
12	1,7452128	15,6886897	8,9895571	"	"
13	1,8281104	17,4339024	9,5365701	"	"
14	1,9149456	19,2620128	10,0587781	"	"
15	2,0059055	21,1769584	10,5573061	"	"
16	2,1011860	23,1828639	11,0332278	"	"
17	2,2009924	25,2840500	11,4875683	"	"
18	2,3055395	27,4850423	11,9213062	"	"
19	2,4150526	29,7905819	12,3353759	"	"
20	2,5297676	32,2056345	12,7306691	"	"
21	2,6499316	34,7354021	13,1080373	"	"
22	2,7758034	37,3853337	13,4682934	"	"
23	2,9076540	40,1611371	13,8122133	"	"
24	3,0457676	43,0687911	14,1405377	"	"
25	3,1904415	46,1145587	14,4539740	"	"

(4³/4)

TAVOLA OTTAVA.

Interessi annui del 4 ³/₄ per 100, e sconti del 4 ³/₄ sopra 104 ³/₄ all'anno, cioè $r=0,0475$.

n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	3,3449875	49,3050002	44,7534974	»	»
27	3,5007319	52,6469877	45,0388517	»	»
28	3,6670167	56,1477497	45,3445529	»	»
29	3,8442000	59,8147363	45,5718882	»	»
30	4,0236570	63,6559363	45,8204484	»	»
31	4,2147807	67,6795933	46,0576786	»	»
32	4,4149828	71,8943740	46,2844804	»	»
33	4,6246944	76,3093567	46,5004406	»	»
34	4,8443674	80,9340512	46,7068359	»	»
35	5,0744749	85,7784486	46,9039006	»	»
36	5,3155124	90,8528935	47,0920292	»	»
37	5,5679993	96,1684059	47,2716269	»	»
38	5,8324792	101,7364052	47,4430806	»	»
39	6,1095220	107,5688845	47,6067595	»	»
40	6,3997243	113,6784065	47,7630463	»	»
41	6,7037112	120,0784309	47,9124874	»	»
42	7,0221375	126,7818420	48,0545942	»	»
43	7,3556890	133,8039795	48,1905434	»	»
44	7,7050843	141,1596685	48,3203278	»	»
45	8,0710758	148,8647528	48,4442270	»	»
46	8,4544519	156,9358285	48,5625079	»	»
47	8,8560383	165,3902804	48,6754252	»	»
48	9,2767004	174,2463187	48,7832222	»	»
49	9,7173434	183,5230188	48,8864309	»	»
50	10,1789172	193,2403622	48,9843732	»	»

(5)

TAVOLA NONA.

Interessi annui del 5 per 100, e sconti del 5 sopra 105 all'anno, cioè $r=0,05$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{1 - (1+r)^{-n}}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p $q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0500000	1,0000000	0,9523810	1,004167	0,082987
2	1,1025000	2,0500000	1,8594104	1,008333	0,165289
3	1,1576250	3,1525000	2,7232480	1,012500	0,246943
4	1,2155063	4,3101250	3,5459505	1,016667	0,327869
5	1,2762816	5,5256312	4,3294767	1,020833	0,408163
6	1,3400956	6,8019128	5,0756924	1,025000	0,487805
7	1,4071004	8,1420084	5,7863734	1,029167	0,566802
8	1,4774554	9,5494088	6,4632428	1,033333	0,645161
9	1,5513282	11,0265643	7,1078247	1,037500	0,722892
10	1,6288946	12,5778925	7,7247349	1,041667	0,800000
11	1,7103394	14,2067871	8,3064142	1,045833	0,876494
12	1,7958563	15,9171265	8,8632516	"	"
13	1,8856494	17,7129928	9,3933730	"	"
14	1,9799316	19,5946320	9,8986140	"	"
15	2,0789282	21,5785636	10,3796580	"	"
16	2,1828716	23,6574917	10,8377696	"	"
17	2,2920183	25,8403663	11,2740662	"	"
18	2,4066492	28,1323847	11,6895869	"	"
19	2,5269502	30,5390039	12,0853209	"	"
20	2,6532977	33,0659544	12,4622403	"	"
21	2,7859626	35,7192548	12,8211527	"	"
22	2,9252607	38,5052144	13,1630026	"	"
23	3,0715238	41,4304751	13,4885739	"	"
24	3,2250999	44,5049989	13,7986118	"	"
25	3,3863549	47,7270988	14,0939146	"	"

(5)

TAVOLA NONA.

Interessi annui del 5 per 100, e sconti del 5 sopra 105 all'anno, cioè $r=0,05$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{1 - (1+r)^{-n}}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p $q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	3,5556727	51,4434537	44,3751853	D	D
27	3,7334563	54,6694264	44,6430336	D	D
28	3,9204291	58,4025827	44,8984273	D	D
29	4,1164356	62,3227149	45,1440737	D	D
30	4,3219424	66,4384475	45,3724540	D	D
31	4,5380395	70,7607899	45,5928405	D	D
32	4,7649445	75,2988294	45,8026767	D	D
33	5,0031885	80,0637708	46,0025492	D	D
34	5,2533480	85,0669594	46,1929040	D	D
35	5,5160455	90,3203073	46,3741943	D	D
36	5,7918161	95,8363227	46,5468517	D	D
37	6,0814069	101,6284388	46,7112873	D	D
38	6,3854773	107,7095458	46,8678927	D	D
39	6,7047541	114,0950231	47,0170407	D	D
40	7,0399887	120,7997742	47,1590864	D	D
41	7,3919884	127,8397629	47,2943680	D	D
42	7,7615876	135,2347541	47,4232076	D	D
43	8,1496669	142,9933386	47,5459420	D	D
44	8,5571503	151,1430056	47,6627733	D	D
45	8,9850078	159,7004558	47,7740698	D	D
46	9,4342582	168,6854636	47,8800665	D	D
47	9,9059714	178,1194218	47,9810157	D	D
48	10,4012696	188,0253929	48,0771578	D	D
49	10,9213334	198,4266626	48,1687247	D	D
50	11,4673998	209,3479957	48,2559255	D	D

(5 %)

TAVOLA DECIMA.

Interessi annui del 5 % per 100, e sconti del 5 % sopra 105 % all'anno, cioè $r=0,0525$.

n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0525000	1,0000000	0,9504488	1,004375	0,082970
2	1,1077563	2,0525000	1,8528444	1,008750	0,165224
3	1,1659435	3,1602562	2,7405440	1,013425	0,246761
4	1,2271239	4,3264697	3,5254547	1,017500	0,327600
5	1,2915479	5,5532936	4,2997494	1,021875	0,407747
6	1,3593542	6,8448415	5,0353628	1,026250	0,487214
7	1,4307293	8,2044957	5,7343145	1,030625	0,565999
8	1,5058334	9,6349160	6,3983957	1,035000	0,644422
9	1,5848893	11,1407494	7,0293546	1,039375	0,721587
10	1,6680960	12,7256384	7,6288405	1,043750	0,798403
11	1,7556741	14,3937344	8,1984233	1,048125	0,874578
12	1,8478438	16,1494055	8,7395945	"	"
13	1,9448556	17,9972492	9,2537745	"	"
14	2,0469605	19,9424048	9,7423007	"	"
15	2,1544259	21,9890653	10,2064645	"	"
16	2,2675333	24,1434943	10,6474694	"	"
17	2,3865788	26,4140216	11,0664792	"	"
18	2,5118742	28,7976034	11,4645883	"	"
19	2,6437476	31,3094775	11,8428393	"	"
20	2,7825443	33,9532251	12,2022226	"	"
21	2,9286279	36,7357691	12,5436794	"	"
22	3,0823909	39,6643973	12,8684040	"	"
23	3,2442059	42,7467782	13,1763458	"	"
24	3,4145267	45,9909840	13,4692422	"	"
25	3,5937893	49,4055107	13,7474700	"	"

(3 %)

TAVOLA TERZA.

Interessi annui del $\frac{3}{2}$ per 100, e sconti del $\frac{3}{2}$ sopra 105 $\frac{1}{2}$ all'anno, cioè $r=0,0550$.

n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$	p
				q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,4459586	44,3134047	46,8903523	»	»
27	2,5315674	43,7590602	47,2853645	»	»
28	2,6204720	46,2906273	47,6670488	»	»
29	2,7118780	48,9107993	48,0357670	»	»
30	2,8067937	54,6226773	48,3920454	»	»
31	2,9050345	54,4294709	48,7362758	»	»
32	3,0067076	57,3345024	49,0688655	»	»
33	3,1119424	60,3442100	49,3902082	»	»
34	3,2208603	63,4534524	49,7006842	»	»
35	3,3335904	66,6740427	20,0006611	»	»
36	3,4502661	70,0076032	20,2904938	»	»
37	3,5710254	73,4578693	20,5705254	»	»
38	3,6960143	77,0288947	20,8440874	»	»
39	3,8253717	80,7249060	21,1024999	»	»
40	3,9592597	84,5502777	21,3550723	»	»
41	4,0978338	88,5095374	21,5994037	»	»
42	4,2412580	92,6073713	21,8348828	»	»
43	4,3897020	96,8486292	22,0626887	»	»
44	4,5433446	101,2383313	22,2827940	»	»
45	4,7023586	105,7816729	22,4954503	»	»
46	4,8669444	110,4840314	22,7009484	»	»
47	5,0372840	115,3509725	22,8994378	»	»
48	5,2135890	120,3882566	23,0912442	»	»
49	5,3960646	125,6048456	23,2765645	»	»
50	5,5849269	130,9979404	23,4556179	»	»

(3 ²/₄)

TAVOLA QUARTA.

Interessi annui del 3 ³ / ₄ per 100, e sconti del 3 ³ / ₄ sopra 105 ³ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0375$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{q}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	4,0375000	4,0000000	0,9638554	4,003425	0,083074
2	4,0764063	2,0375000	4,8928727	1,006250	0,465634
3	4,1167745	3,4439062	2,7883440	4,009375	0,247678
4	4,1586504	4,2306777	3,6513844	1,042500	0,329248
5	4,2020998	5,3893281	4,4832618	1,045625	0,440256
6	4,2474783	6,5944279	5,2850746	4,048750	0,490797
7	4,2939477	7,8386065	6,0579004	1,024875	0,570846
8	4,3424708	9,1325542	6,8027955	1,025000	0,650406
9	4,3928434	10,4750250	7,5207668	1,028425	0,729483
10	4,4450439	11,8678384	8,2127873	1,034250	0,808084
11	4,4992334	13,3128824	8,8797949	1,034375	0,886203
12	4,5554543	14,8124155	9,5226940	»	»
13	4,6137839	16,3675698	10,1423556	»	»
14	4,6743008	17,9813537	10,7396498	»	»
15	4,7370870	19,6556544	11,3152962	»	»
16	4,8022278	21,3927445	11,8704650	»	»
17	4,8698143	23,1949693	12,4049784	»	»
18	4,9399293	25,0647806	12,9204614	»	»
19	2,0426766	27,0047099	13,4173449	»	»
20	2,0884520	29,0473865	13,8962042	»	»
21	2,1664577	31,1055385	14,3577872	»	»
22	2,2476999	33,2719962	14,8026865	»	»
23	2,3319886	35,5496961	15,2315050	»	»
24	2,4194382	37,8546847	15,6448244	»	»
25	2,5104674	40,2744229	16,0432040	»	»

(3 ³/₄)

TAVOLA QUARTA.

Interessi annui del 3 ³ / ₄ per 100, esconti del 3 ³ / ₄ sopra 103 ³ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0575$.					
n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q - pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q - pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,6042984	42,7812900	16,4271845	"	"
27	2,7019596	45,3855883	16,7972863	"	"
28	2,8032830	48,0875479	17,1540109	"	"
29	2,9084062	50,8908309	17,4978418	"	"
30	3,0174714	53,7992371	17,8292451	"	"
31	3,1306266	56,8167085	18,1486700	"	"
32	3,2480251	59,9473351	18,4565494	"	"
33	3,3698260	63,1953601	18,7533006	"	"
34	3,4961945	66,5651862	19,0393259	"	"
35	3,6273018	70,0613806	19,3150129	"	"
36	3,7633256	73,6886824	19,5807354	"	"
37	3,9044503	77,4520080	19,8368534	"	"
38	4,0508672	81,3564580	20,0837141	"	"
39	4,2027747	85,4073252	20,3216521	"	"
40	4,3603787	89,6100999	20,5509900	"	"
41	4,5238930	93,9704787	20,7720386	"	"
42	4,6935389	98,4943716	20,9850974	"	"
43	4,8695466	103,1879106	21,1904553	"	"
44	5,0521546	108,0574572	21,3883907	"	"
45	5,2416104	113,1096118	21,5791717	"	"
46	5,4381708	118,3512223	21,7630571	"	"
47	5,6421022	123,7893931	21,9402960	"	"
48	5,8536811	129,4314954	22,1111287	"	"
49	6,0731941	135,2851765	22,2757867	"	"
50	6,3009389	141,3583706	22,4344932	"	"

(4)

TAVOLA QUINTA.

Interessi annui del 4 per 100, e sconti del 4 sopra 10% all'anno, cioè $r=0,04$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q-pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0400000	1,0000000	0,9615385	1,003333	0,083056
2	1,0816000	2,0400000	1,8860947	1,006667	0,165562
3	1,1248640	3,1216000	2,7750910	1,010000	0,247524
4	1,1698586	4,2464640	3,6298952	1,013333	0,328947
5	1,2166529	5,4163223	4,4518223	1,016667	0,409836
6	1,2653190	6,6329754	5,2421369	1,020000	0,490196
7	1,3159318	7,8982945	6,0020547	1,023333	0,570032
8	1,3685691	9,2142262	6,7327449	1,026667	0,649350
9	1,4233118	10,5827953	7,4353316	1,030000	0,728155
10	1,4802443	12,0061071	8,1108953	1,033333	0,806451
11	1,5394541	13,4863514	8,7604767	1,036667	0,884244
12	1,6010322	15,0258054	9,3850738	"	"
13	1,6650735	16,6268377	9,9850478	"	"
14	1,7316764	18,2919112	10,5631229	"	"
15	1,8009435	20,0235876	11,1183874	"	"
16	1,8729812	21,8245311	11,6522956	"	"
17	1,9479005	23,6975124	12,1656689	"	"
18	2,0258165	25,6454129	12,6592970	"	"
19	2,1068492	27,6712294	13,1339394	"	"
20	2,1911231	29,7780786	13,5903263	"	"
21	2,2787681	31,9602017	14,0291559	"	"
22	2,3699188	34,2479698	14,4511153	"	"
23	2,4647155	36,6178886	14,8568417	"	"
24	2,5633042	39,0826041	15,2469631	"	"
25	2,6658363	41,6459083	15,6220799	"	"

(4)

TAVOLA QUINTA.

Interessi annui del 4 per 100, e sconti del 4 sopra 104 all'anno, cioè $r=0,04$.					
n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,7721698	44,3447446	45,9827692	»	»
27	2,8833686	47,8742444	46,3295857	»	»
28	2,9987033	49,9675830	46,6630632	»	»
29	3,1186545	52,9662863	46,9837446	»	»
30	3,2433975	56,0849377	47,2920333	»	»
31	3,3731334	59,3283352	47,5884935	»	»
32	3,5080587	62,7044686	47,8735544	»	»
33	3,6483841	66,2095274	48,1476456	»	»
34	3,7943463	69,8579085	48,4114977	»	»
35	3,9460890	73,6522248	48,6646434	»	»
36	4,1039326	77,5983438	48,9082849	»	»
37	4,2680899	81,7022464	49,1425787	»	»
38	4,4388435	85,9703362	49,3678644	»	»
39	4,6163660	90,4094497	49,5844848	»	»
40	4,8010206	95,0255457	49,7927738	»	»
41	4,9930645	99,8265363	49,9930547	»	»
42	5,1927839	104,8495978	50,1856267	»	»
43	5,4004953	110,0423817	50,3707949	»	»
44	5,6165450	115,4428769	50,5488442	»	»
45	5,8411757	121,0293920	50,7200396	»	»
46	6,0748227	126,8705677	50,8846535	»	»
47	6,3178156	132,9453904	51,0429360	»	»
48	6,5705282	139,2632060	51,1954308	»	»
49	6,8333494	145,8337343	51,3414719	»	»
50	7,1066833	152,6670836	51,4824845	»	»

(4 1/4)

TAVOLA SESTA.

Interessi annui del 4 1/4 per 100, e sconti del 4 1/4 sopra 104 1/4 all'anno, cioè $r=0,0425$.					
n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
1	4,0425000	4,0000000	0,9592326	4,003542	0,083039
2	4,0868063	2,0425000	4,8793598	4,007083	0,165494
3	4,1329953	3,4293062	2,7619758	4,010625	0,247372
4	4,1811178	4,2623018	3,6086099	4,014467	0,328677
5	4,2313466	5,4434496	4,4207289	4,017708	0,409416
6	4,2836788	6,6747962	5,1997400	4,021250	0,489596
7	4,3382352	7,9584750	5,9469928	4,024792	0,569221
8	4,3951402	9,2967102	6,6637821	4,028333	0,648298
9	4,4544024	10,6918204	7,3513497	4,031875	0,726832
10	4,5162445	12,1462227	8,0108870	4,035417	0,804829
11	4,5806536	13,6624372	8,6435367	4,038958	0,882294
12	4,6478311	15,2430908	9,2503949	"	"
13	4,7178642	16,8909222	9,8325131	"	"
14	4,7908734	18,6087864	10,3908999	"	"
15	4,8669855	20,3996398	10,9265226	"	"
16	4,9463324	22,2666453	11,4403095	"	"
17	2,0290516	24,2129778	11,9331506	"	"
18	2,1152862	26,2420293	12,4058999	"	"
19	2,2051859	28,3573155	12,8593764	"	"
20	2,2989063	30,5625045	13,2943658	"	"
21	4,3966098	32,8644078	13,7116219	"	"
22	2,4984657	35,2580176	14,1118675	"	"
23	2,6046505	37,7564834	14,4957962	"	"
24	2,7153482	40,3611339	14,8640731	"	"
25	2,8307505	43,0764824	15,2173363	"	"

(4 1/4)

TAVOLA SESTA.

Interessi annui del 4 1/4 per 100, e sconti del 4 1/4 sopra 104 1/4 all'anno, cioè $r=0,0425$.					
n	$(1+r)^n$	$(1+r)^n - 1$	$(1+r)^n - 1$	$q+pr$	p
		r	$r(1+r)^n$	q	$q+pr$
I	II	III	IV	V	VI
26	2,9540574	45,9072326	45,5561979	"	"
27	3,0764773	48,8582900	45,8812450	"	"
28	3,2072276	51,9347673	46,1930407	"	"
29	3,3435348	55,1449949	46,4921254	"	"
30	3,4856350	58,4855297	46,7790472	"	"
34	3,6337745	64,9711647	47,0542131	"	"
32	3,7882099	65,6049392	47,3481900	"	"
33	3,9492088	69,3931491	47,5714053	"	"
34	4,1170502	73,3423579	47,8142977	"	"
35	4,2920248	77,4594082	48,0472879	"	"
36	4,4744359	81,7514330	48,2707798	"	"
37	4,6645994	86,2258689	48,4851605	"	"
38	4,8628449	90,8904684	48,6908044	"	"
39	5,0695158	95,7533132	48,8880589	"	"
40	5,2849702	100,8228294	49,0772747	"	"
44	5,5095845	106,4077993	49,2587767	"	"
42	5,7137387	111,6173808	49,4328793	"	"
43	5,9878176	117,3614495	49,5998843	"	"
44	6,2423311	123,3489674	49,7600808	"	"
45	6,5076302	129,5942982	49,9137466	"	"
46	6,7842045	136,0989283	20,0644478	"	"
47	7,0725331	142,8834328	20,2025399	"	"
48	7,3734458	149,9556659	20,3384677	"	"
49	7,6864732	157,3287817	20,4682664	"	"
50	8,0131483	165,0452549	20,5930613	"	"

(4 2/3)

TAVOLA SETTIMA.

Interessi annui del $\frac{4}{2}$ per 100, e sconti del $\frac{4}{2}$ sopra 104 $\frac{4}{2}$ all'anno, cioè $r=0,0450$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0450000	1,0000000	0,9569378	1,003750	0,083022
2	1,0920250	2,0450000	1,8726678	1,007500	0,165425
3	1,1414661	3,1370250	2,7489644	1,011250	0,247218
4	1,1925486	4,2781944	3,5875257	1,015000	0,328407
5	1,2464849	5,4707097	4,3899767	1,018750	0,408998
6	1,3022604	6,7168916	5,1578725	1,022500	0,488998
7	1,3608648	7,0194518	5,8927009	1,026250	0,568443
8	1,4221006	9,3800436	6,5358861	1,030000	0,647249
9	1,4860954	10,8024442	7,2687905	1,033750	0,725514
10	1,5529694	12,2882094	7,9427482	1,037500	0,803213
11	1,6228530	13,8444788	8,5289469	1,041250	0,880352
12	1,6958814	15,4640318	9,1485808	»	»
13	1,7721961	17,1599433	9,6828524	»	»
14	1,8519449	18,9321094	10,2228253	»	»
15	1,9352824	20,7840543	10,7395457	»	»
16	2,0223702	22,7193367	11,2340450	»	»
17	2,1133768	24,7447069	11,7071944	»	»
18	2,2084788	26,8550837	12,1599948	»	»
19	2,3078603	29,0635625	12,5932936	»	»
20	2,4117140	31,3744228	13,0079365	»	»
21	2,5202442	33,7834368	13,4047239	»	»
22	2,6336520	36,3033779	13,7844218	»	»
23	2,7521663	38,9370299	14,1477749	»	»
24	2,8760438	41,6891963	14,4954784	»	»
25	3,0054345	44,5652104	14,8282090	»	»

(4 ° / 2)

TAVOLA SETTIMA.

Interessi annui del $4\frac{1}{2}$ per 100, e sconti del $4\frac{1}{2}$ sopra 104 $\frac{1}{2}$ all'anno, cioè $r=0,0450$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
26	3,1506790	47,5706446	15,1566114	"	"
27	3,2820096	50,7113236	15,4513028	"	"
28	3,4296999	53,9933331	15,7428735	"	"
29	3,5840363	57,4230331	16,0218885	"	"
30	3,7453181	61,0070696	16,2888885	"	"
31	3,9138575	64,7523878	16,5443910	"	"
32	4,0899810	68,6662452	16,7888909	"	"
33	4,2740302	72,7562263	17,0228621	"	"
34	4,4663615	77,0302564	17,2467580	"	"
35	4,6673478	81,4966180	17,4610124	"	"
36	4,8773785	86,1639658	17,6660406	"	"
37	5,0968605	91,0413443	17,8622398	"	"
38	5,3262192	96,1382048	18,0499902	"	"
39	5,5658991	101,4644240	18,2296357	"	"
40	5,8163645	107,0303230	18,4015844	"	"
41	6,0781009	112,8466876	18,5661095	"	"
42	6,3516135	118,9247885	18,7235498	"	"
43	6,6374382	125,2764040	18,8742103	"	"
44	6,9361229	131,9138422	19,0183831	"	"
45	7,2482484	138,8499651	19,1563474	"	"
46	7,5744196	146,0982135	19,2883707	"	"
47	7,9152685	153,6726331	19,4147088	"	"
48	8,2714556	161,5879016	19,5356665	"	"
49	8,6436711	169,8593572	19,6512981	"	"
50	9,0326363	178,5030283	19,7620078	"	"

(4^a / a)

TAVOLA OTTAVA.

Interessi annui del $\frac{3}{4}\%$ per 100, e sconti del $\frac{3}{4}\%$ sopra 10% $\frac{3}{4}\%$ all'anno, cioè $r=0,0475$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q - pr$ q	p q - pr
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0475000	1,0000000	0,9546539	1,003958	0,083005
2	1,0972563	2,0475000	1,8660181	1,007917	0,165358
3	1,1493759	3,1447562	2,7360554	1,011875	0,247066
4	1,2039713	4,2941321	3,5666400	1,015833	0,328138
5	1,2611599	5,4981034	4,3595609	1,019792	0,408580
6	1,3210650	6,7592632	5,1165260	1,023750	0,488400
7	1,3838156	8,0803284	5,8391656	1,027708	0,567606
8	1,4494468	9,4641439	6,5290364	1,031667	0,646203
9	1,5184003	10,9136908	7,1876243	1,035625	0,724200
10	1,5905243	12,4320911	7,8163478	1,039583	0,801603
11	1,6660742	14,0226154	8,4165611	1,043542	0,878418
12	1,7452128	15,6886897	8,9895371	"	"
13	1,8281104	17,4339024	9,5365701	"	"
14	1,9149456	19,2620128	10,0587781	"	"
15	2,0059055	21,1769584	10,5573061	"	"
16	2,1011860	23,1828639	11,0332278	"	"
17	2,2009924	25,2840500	11,4875683	"	"
18	2,3055395	27,4850423	11,9213062	"	"
19	2,4150526	29,7905819	12,3353759	"	"
20	2,5297676	32,2056345	12,7306691	"	"
21	2,6499316	34,7354021	13,1080373	"	"
22	2,7758034	37,3853357	13,4682934	"	"
23	2,9076540	40,1611371	13,8122133	"	"
24	3,0457676	43,0687911	14,1405377	"	"
25	3,1904415	46,1145587	14,4539740	"	"

(4³/4)

TAVOLA OTTAVA.

Interessi annui del $\frac{3}{4}\%$ per 100, e sconti del $\frac{3}{4}\%$ sopra $10\frac{3}{4}\%$ all'anno, cioè $r=0,0475$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
26	3,3449875	49,3050002	44,7534974	»	»
27	3,5007319	52,6469877	45,0388547	»	»
28	3,6670467	56,4477497	45,3445529	»	»
29	3,8442000	59,8447363	45,5748882	»	»
30	4,0236570	63,6559363	45,8204484	»	»
31	4,2147807	67,6795933	46,0576786	»	»
32	4,4149828	71,8943740	46,2844804	»	»
33	4,6246944	76,3093567	46,5004406	»	»
34	4,8443674	80,9340542	46,7068359	»	»
35	5,0744749	85,7784186	46,9039006	»	»
36	5,3155424	90,8528935	47,0920292	»	»
37	5,5679993	96,1684059	47,2746269	»	»
38	5,8324792	101,7364052	47,4430806	»	»
39	6,1095220	107,5688845	47,6067595	»	»
40	6,3997243	113,6784065	47,7630463	»	»
41	6,7037442	120,0781309	47,9124874	»	»
42	7,0221375	126,7848420	48,0545942	»	»
43	7,3556890	133,8039795	48,1905434	»	»
44	7,7050843	141,1596685	48,3203278	»	»
45	8,0710758	148,8647528	48,4442270	»	»
46	8,4544519	156,9358285	48,5625079	»	»
47	8,8560383	165,3902804	48,6754252	»	»
48	9,2767004	174,2463187	48,7832222	»	»
49	9,7173434	183,5230488	48,8864309	»	»
50	10,1789472	193,2403622	48,9843732	»	»

(5)

TAVOLA NONA.

Interessi annui del 5 per 100, e sconti del 5 sopra 105 all'anno, cioè $r=0,05$.

n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q-pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0500000	1,0000000	0,9523810	1,004167	0,082987
2	1,1025000	2,0500000	1,8594104	1,008333	0,165289
3	1,1576250	3,1525000	2,7232480	1,012500	0,246943
4	1,2155063	4,3404250	3,5459505	1,016667	0,327869
5	1,2762846	5,5256312	4,3294767	1,020833	0,408163
6	1,3400956	6,8019428	5,0756924	1,025000	0,487805
7	1,4071004	8,1420084	5,7863734	1,029167	0,566802
8	1,4774554	9,5491088	6,4632428	1,033333	0,645464
9	1,5513282	11,0265643	7,1078217	1,037500	0,722892
10	1,6288946	12,5778925	7,7217349	1,041667	0,800000
11	1,7103394	14,2067871	8,3064442	1,045833	0,876494
12	1,7958563	15,9174265	8,8632516	"	"
13	1,8856494	17,7129828	9,3935730	"	"
14	1,9799346	19,5986320	9,8986410	"	"
15	2,0789282	21,5785636	10,3796580	"	"
16	2,1828746	23,6574947	10,8377696	"	"
17	2,2920483	25,8403663	11,2740662	"	"
18	2,4066492	28,1323847	11,6895869	"	"
19	2,5269502	30,5390039	12,0853209	"	"
20	2,6532977	33,0659544	12,4622403	"	"
21	2,7859626	35,7192548	12,8244527	"	"
22	2,9252607	38,5052444	13,1630026	"	"
23	3,0715234	41,4304754	13,4885739	"	"
24	3,2250999	44,5049989	13,7986418	"	"
25	3,3863549	47,7270988	14,0939446	"	"

(5 1/4)

TAVOLA DECIMA.

Interessi annui del 5 1/4 per 100, e sconti del 5 1/4 sopra 105 1/4 all'anno, cioè $r=0,0525$.

n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{1(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
1	4,0525000	4,0000000	0,9504188	4,004375	0,082970
2	4,1077563	2,0525000	4,8528444	4,008750	0,165224
3	4,1659135	3,1602562	2,7105440	4,013425	0,246764
4	4,2271239	4,3261697	3,5254547	4,017500	0,327600
5	4,2915479	5,5532936	4,2997494	4,021875	0,407747
6	4,3593542	6,8448145	5,0353628	4,026250	0,487244
7	4,4307203	8,2044957	5,7343445	4,030625	0,565999
8	4,5058334	9,6349460	6,3983957	4,035000	0,644422
9	4,5848893	11,1407491	7,0293546	4,039375	0,721587
10	4,6680960	12,7256384	7,6288405	4,043750	0,798403
11	4,7556744	14,3937344	8,1984233	4,048125	0,874578
12	4,8478438	16,1494055	8,7395945	"	"
13	4,9448556	17,9972492	9,2537745	"	"
14	5,0469605	19,9421048	9,7423007	"	"
15	5,1544259	21,9890653	10,2064615	"	"
16	5,2675333	24,1434943	10,6474694	"	"
17	5,3865788	26,4140246	11,0664792	"	"
18	5,5118742	28,7976034	11,4645883	"	"
19	5,6437476	31,3094775	11,8423393	"	"
20	5,7825443	33,9532254	12,2022226	"	"
21	5,9286279	36,7357691	12,5436794	"	"
22	6,0823409	39,6613973	12,8681040	"	"
23	6,2442050	42,7467782	13,1763458	"	"
24	6,4145267	45,9909840	13,4692422	"	"
25	6,5937893	49,4055107	13,7474700	"	"

(5 ¹/₄)

TAVOLA DECIMA.

Interessi annui del 5 ¹ / ₄ per 100, e sconti del 5 ¹ / ₄ sopra 105 ¹ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0525$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q-pr$ q	p q-pr
I	II	III	IV	V	VI
26	3,7824633	52,9993000	14,0118480	"	"
27	3,9810426	56,7817633	14,2630384	"	"
28	4,1900473	60,7628058	14,5016992	"	"
29	4,4100248	64,9528531	14,7284553	"	"
30	4,6415511	69,3628779	14,9439006	"	"
31	4,8852325	74,0044290	15,1485991	"	"
32	5,1417072	78,8896615	15,3430870	"	"
33	5,4116469	84,0313688	15,5278737	"	"
34	5,6957583	89,4430156	15,7034429	"	"
35	5,9947836	95,1387739	15,8702543	"	"
36	6,3093119	101,1335596	16,0287454	"	"
37	6,6407613	107,4430715	16,1793306	"	"
38	6,9894012	114,0838327	16,3224043	"	"
39	7,3563448	121,0732339	16,4583414	"	"
40	7,7425529	128,4293787	16,5874978	"	"
41	8,1490369	136,1721316	16,7102117	"	"
42	8,5768613	144,3211685	16,8268044	"	"
43	9,0271466	152,8980299	16,9375814	"	"
44	9,5010718	161,9251764	17,0428327	"	"
45	9,9998780	171,4262482	17,1428339	"	"
46	10,5248716	181,4261262	17,2378469	"	"
47	11,0774274	191,9509978	17,3281206	"	"
48	11,6589923	203,0284252	17,4138913	"	"
49	12,2710894	214,6874173	17,4953837	"	"
50	12,9153216	226,9585070	17,5728111	"	"

(5 °)

TAVOLA UNDECIMA.

Interessi annui del $5\frac{1}{2}$ per 100, e sconti del $5\frac{1}{2}$ sopra $105\frac{1}{2}$ all'anno, cioè $r=0,0550$					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0550000	1,0000000	0,9478673	1,004583	0,082953
2	1,1130250	2,0550000	1,8463197	1,009466	0,165153
3	1,1742414	3,1680250	2,6979333	1,013750	0,246609
4	1,2388247	4,3422664	3,5051501	1,018333	0,327332
5	1,3069600	5,5810910	4,2702845	1,022947	0,407332
6	1,3788428	6,8880510	4,9955303	1,027500	0,486618
7	1,4546792	8,2668638	5,6829671	1,032083	0,565199
8	1,5346865	9,7215730	6,3345660	1,036667	0,643087
9	1,6190943	11,2562595	6,9521952	1,041250	0,720288
10	1,7081445	12,8753338	7,5376258	1,045833	0,796813
11	1,8020924	14,5834982	8,0925363	1,050417	0,872669
12	1,9012075	16,3855907	8,6185478	"	"
13	2,0057739	18,2867981	9,1170785	"	"
14	2,1160915	20,2925720	9,5896479	"	"
15	2,2324765	22,4086635	10,0375810	"	"
16	2,3552627	24,6411400	10,4621620	"	"
17	2,4848021	26,9964027	10,8646086	"	"
18	2,6214663	29,4812048	11,2460744	"	"
19	2,7656469	32,1026711	11,6076535	"	"
20	2,9177575	34,8683180	11,9503825	"	"
21	3,0782342	37,7860755	12,2732441	"	"
22	3,2475370	40,8643096	12,5831697	"	"
23	3,4261516	44,1118466	12,8750424	"	"
24	3,6145899	47,5379982	13,1516989	"	"
25	3,8133923	51,1525881	13,4139327	"	"

(5 1/2)

TAVOLA UNDECIMA.

Interessi annui del 5 1/2 per 100, e sconti del 5 1/2 sopra 105 1/2 all'anno, cioè $r=0,0550$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
26	4,0231289	54,9659805	13,6624954	D	D
27	4,2444010	58,9891094	13,8980999	D	D
28	4,4778431	63,2335104	14,1244217	D	D
29	4,7244214	67,7113535	14,3334011	D	D
30	4,9839513	72,4354779	14,5337452	D	D
31	5,2580686	77,4194292	14,7239291	D	D
32	5,5472624	82,6774979	14,9041982	D	D
33	5,8522618	88,2247602	15,0750693	D	D
34	6,1742417	94,0771221	15,2370326	D	D
35	6,5138230	100,2515638	15,3905522	D	D
36	6,8720854	106,7651888	15,5360684	D	D
37	7,2500504	113,6372742	15,6739985	D	D
38	7,6488028	120,8873242	15,8047379	D	D
39	8,0694870	128,5361271	15,9286615	D	D
40	8,5133088	136,6056144	16,0461247	D	D
41	8,9815408	145,1189228	16,1574642	D	D
42	9,4755255	154,1004636	16,2629992	D	D
43	9,9966791	163,5759891	16,3630324	D	D
44	10,5461968	173,5726685	16,4578506	D	D
45	11,1265541	184,1191652	16,5477257	D	D
46	11,7385146	195,2457193	16,6329451	D	D
47	12,3841329	206,9812339	16,7136639	D	D
48	13,0652602	219,3633668	16,7902027	D	D
49	13,7838495	232,4336270	16,8627544	D	D
50	14,5419612	246,2474761	16,9315179	D	D

(5 ³/₄)

TAVOLA DUODECIMA.

Interessi annui del 5 ³ / ₄ per 100, e sconti del 5 ³ / ₄ sopra 105 ³ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0575$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
I	II	III	IV	V	VI
1	4,0575000	4,0000000	0,9456265	4,004792	0,082936
2	4,1483063	2,0575000	4,8398359	4,009583	0,165085
3	4,1826089	3,4758062	2,6854240	4,044375	0,246457
4	4,2506089	4,3584454	3,4850345	4,049467	0,327064
5	4,3225489	5,6090240	4,2441674	4,023958	0,406947
6	4,3985637	6,9345428	4,9561867	4,028750	0,486027
7	4,4789844	8,3304066	5,6323278	4,033542	0,564402
8	4,5640225	9,8090877	6,2747048	4,038333	0,642055
9	4,6539538	11,3734102	6,8763466	4,043425	0,718993
10	4,7490562	13,0270644	7,4480535	4,047947	0,795229
11	4,8496269	14,7764203	7,9887034	4,052708	0,870769
12	4,9559805	16,6257472	8,4999556	"	"
13	2,0684493	18,5817276	8,9834096	"	"
14	2,1873852	20,6504770	9,4405764	"	"
15	2,3431598	22,8375622	9,8728855	"	"
16	2,4464665	25,1507249	10,2846884	"	"
17	2,5868244	27,5968885	10,6682633	"	"
18	2,7355633	30,1837096	11,0338187	"	"
19	2,8928582	32,9192729	11,3794976	"	"
20	3,0594975	35,8424344	11,7063807	"	"
21	3,2354044	38,8743286	12,0151900	"	"
22	3,4214497	42,1064300	12,3077920	"	"
23	3,6178344	45,5275497	12,5842005	"	"
24	3,8258596	49,1453838	12,8455796	"	"
25	4,0458465	52,9742434	13,0927467	"	"

(5³/4)

TAVOLA DUODECIMA.

Interessi annui del 5 ³ / ₄ per 100, e sconti del 5 ³ / ₄ sopra 105 ³ / ₄ all'anno, cioè $r=0,0575$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q-pr$ q	p q-pr
I	II	III	IV	V	VI
26	4,2784827	57,0170899	13,3264744	»	»
27	4,5244934	61,2935720	13,5474935	»	»
28	4,7846539	65,8200680	13,7564951	»	»
29	5,0597715	70,6047219	13,9541324	»	»
30	5,3507084	75,6644934	14,1410236	»	»
31	5,6583741	81,0152018	14,3177528	»	»
32	5,9837306	86,6733759	14,4848726	»	»
33	6,3277951	92,6373063	14,6429056	»	»
34	6,6916433	98,9851016	14,7923457	»	»
35	7,0764128	105,6767450	14,9336602	»	»
36	7,4833066	112,7531578	15,0672910	»	»
37	7,9135967	120,2364644	15,1936558	»	»
38	8,3686285	128,1500611	15,3131497	»	»
39	8,8498247	136,5186896	15,4261463	»	»
40	9,3586896	145,3685143	15,5329988	»	»
41	9,8968142	154,7272038	15,6340414	»	»
42	10,4658810	164,6240181	15,7295900	»	»
43	11,0676692	175,0898991	15,8199433	»	»
44	11,7040602	186,1375683	15,9053837	»	»
45	12,3770436	197,8616285	15,9861784	»	»
46	13,0887236	210,2386721	16,0625801	»	»
47	13,8413253	223,3273957	16,1348275	»	»
48	14,6372015	237,1687210	16,2031466	»	»
49	15,4788405	251,8059224	16,2677509	»	»
50	16,3688739	267,2847630	16,3288425	»	»

(6)

TAVOLA DECIMATERZA.

Interessi annui del 6 per 100, e sconti del 6 sopra 106 all'anno, cioè $r=0,06$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$q+pr$ q	p q+pr
I	II	III	IV	V	VI
1	1,0600000	1,0000000	0,9433962	1,005000	0,082919
2	1,1236000	2,0600000	1,8333927	1,010000	0,165016
3	1,1910160	3,1836000	2,6730119	1,015000	0,246305
4	1,2624770	4,3746160	3,4651056	1,020000	0,326797
5	1,3382256	5,6370929	4,2123638	1,025000	0,406504
6	1,4185191	6,9753185	4,9173243	1,030000	0,485437
7	1,5036303	8,3938376	5,5823814	1,035000	0,563607
8	1,5938481	9,8974679	6,2097938	1,040000	0,641026
9	1,6894790	11,4913160	6,8016923	1,045000	0,717703
10	1,7908477	13,1807949	7,3600871	1,050000	0,793651
11	1,8982986	14,9716426	7,8868746	1,055000	0,868878
12	2,0121965	16,8699412	8,3838439	»	»
13	2,1329283	18,8821377	8,8526830	»	»
14	2,2609040	21,0150659	9,2949839	»	»
15	2,3965582	23,2759699	9,7122490	»	»
16	2,5403517	25,6725281	10,1058953	»	»
17	2,6927728	28,2128797	10,4772597	»	»
18	2,8543392	30,9056525	10,8276035	»	»
19	3,0255995	33,7599917	11,1581165	»	»
20	3,2071355	36,7855912	11,4699213	»	»
21	3,3995636	39,9927267	11,7640767	»	»
22	3,6035374	43,3922902	12,0415418	»	»
23	3,8197497	46,9958277	12,3033790	»	»
24	4,0489346	50,8155773	12,5503576	»	»
25	4,2918707	54,8645120	12,7833562	»	»

(6)

TAVOLA DECIMATERZA.

Interessi annui del 6 per 100, e sconti del 6 sopra 106 all'anno, cioè $r=0,06$.					
n	$(1+r)^n$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	$\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$	$\frac{q+pr}{q}$	$\frac{p}{q+pr}$
		II	III	IV	V
26	4,5493830	59,4563827	43,0034662	D	D
27	4,8223459	63,7057657	43,2405342	D	D
28	5,1116867	68,5284446	43,4064643	D	D
29	5,4183879	73,6397983	43,5907244	D	D
30	5,7434942	79,0584862	43,7648342	D	D
31	6,0884006	84,8046774	43,9290860	D	D
32	6,4533867	90,8897780	44,0840434	D	D
33	6,8405899	97,3434647	44,2302296	D	D
34	7,2510253	104,1837546	44,3684442	D	D
35	7,6860868	111,4347799	44,4982464	D	D
36	8,1472520	119,1208666	44,6209872	D	D
37	8,6360874	127,2684486	44,7367803	D	D
38	9,1542523	135,9042058	44,8460492	D	D
39	9,7035075	145,0584584	44,9490747	D	D
40	10,2857479	154,7649656	45,0462969	D	D
41	10,9028610	165,0476835	45,1380460	D	D
42	11,5570327	175,9505446	45,2245434	D	D
43	12,2504546	187,5075772	45,3064730	D	D
44	12,9854849	199,7580349	45,3834821	D	D
45	13,7646408	212,7435438	45,4558321	D	D
46	14,5904875	226,5084246	45,5243700	D	D
47	15,4659467	241,0986424	45,5890282	D	D
48	16,3938747	256,5645288	45,6500266	D	D
49	17,3775040	272,9584005	45,7075723	D	D
50	18,4204543	290,3359046	45,7648607	D	D

TAVOLE***per la durata probabile******della vita umana.***

Le seguenti otto Tavole, eccettuata la VII, si sono desunte da quelle inserite nel tomo secondo del *Nuovo Prospetto delle Scienze economiche* di Melchiorre Gioja; e la II di Duprè differisce assai poco dalla VII, che è ricavata da quella annessa alla Legge 20 aprile 1804 della già Repubblica Italiana, tuttora vigente nel Regno Lombardo Veneto; inoltre nella VI alle frazioni decimali dell'anno si sono sostituiti i mesi. Le medesime Tavole, che pei relativi paesi possono servire ne' contratti di vitalizio ad assegnare la durata della vita probabile de' vitalizzanti, contengono in una colonna l'età attuale de' diversi individui e nell'altra la durata probabile della vita corrispondentemente alla stessa età.

TAVOLA PRIMA UNIVERSALE DI *SUSSMILCH*.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
0	49	»	26	33	»	52	46	»	78	5	»			
1	42	»	27	32	»	53	46	»	79	5	»			
2	46	»	28	32	»	54	45	»	80	5	»			
3	47	»	29	34	»	55	45	»	81	5	»			
4	48	»	30	30	»	56	44	»	82	5	»			
5	47	»	34	29	6	57	44	»	83	5	»			
6	47	»	32	29	»	58	43	»	84	4	»			
7	47	»	33	28	6	59	42	»	85	4	»			
8	46	»	34	27	»	60	42	»	89	4	»			
9	46	»	35	27	»	64	44	»	87	4	»			
10	45	»	36	26	»	62	44	»	88	4	»			
11	44	»	37	25	6	63	40	»	89	3	»			
12	44	»	38	25	»	64	40	»	90	3	»			
13	43	»	39	24	6	65	9	»	94	3	»			
14	42	»	40	24	»	66	9	»	92	3	»			
15	42	»	44	23	6	67	8	»	93	2	»			
16	44	»	42	23	»	68	8	»	94	2	»			
17	40	»	43	22	»	69	8	»	95	4	»			
18	39	»	44	24	»	70	8	»	96	0	»			
19	38	»	45	20	»	74	7	»	97	0	»			
20	38	»	46	49	6	72	7	»	98	0	»			
21	37	»	47	49	»	73	7	»	99	0	»			
22	36	»	48	48	6	74	6	»	100	0	»			
23	35	»	49	48	»	75	6	»	»	»	»			
24	35	»	50	47	»	76	6	»	»	»	»			
25	34	»	54	47	»	77	5	»	»	»	»			

TAVOLA SECONDA DI **DUPRÉ**per **PARIGI** e la Campagna.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
1	33	»	26	30	2	54	46	»	76	4	3			
2	38	»	27	29	7	52	45	6	77	4	4			
3	40	»	28	29	»	53	45	»	78	3	44			
4	44	»	29	28	6	54	44	6	79	3	9			
5	44	6	30	28	»	55	44	»	80	3	7			
6	42	»	31	27	6	56	43	5	81	3	5			
7	42	3	32	26	11	57	42	10	82	3	3			
8	44	6	33	26	3	58	42	3	83	3	2			
9	40	10	34	25	7	59	41	8	84	3	4			
10	40	2	35	25	»	60	41	4	85	3	»			
11	39	6	36	24	5	61	40	6	86	»	»			
12	38	9	37	23	10	62	40	»	87	»	»			
13	38	1	38	23	3	63	9	6	88	»	»			
14	37	5	39	22	8	64	9	»	89	»	»			
15	36	9	40	22	1	65	8	6	90	»	»			
16	36	»	41	21	6	66	8	»	91	»	»			
17	35	4	42	20	11	67	7	6	92	»	»			
18	34	8	43	20	4	68	7	»	93	»	»			
19	34	»	44	19	9	69	6	7	94	»	»			
20	33	5	45	19	3	70	6	2	95	»	»			
21	32	11	46	18	9	71	5	8	96	»	»			
22	32	4	47	18	2	72	5	4	97	»	»			
23	31	10	48	17	8	73	5	»	98	»	»			
24	34	3	49	17	2	74	4	9	99	»	»			
25	30	9	50	16	7	75	4	6	100	»	»			

TAVOLA TERZA DI **KERSEBOOM**

per tutta l'OLANDA e VESTFRISIA.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
0	34	6	26	32	8	52	18	4	78	5	8			
1	44	9	27	32	4	53	17	10	79	5	4			
2	42	8	28	31	6	54	17	3	80	5	»			
3	43	6	29	31	»	55	16	9	81	4	9			
4	44	2	30	30	6	56	16	2	82	4	5			
5	44	5	31	30	4	57	15	8	83	4	1			
6	44	3	32	29	8	58	15	2	84	3	8			
7	44	»	33	29	3	59	14	7	85	3	4			
8	43	9	34	28	10	60	14	4	89	3	4			
9	43	3	35	28	4	61	13	7	87	2	10			
10	42	8	36	27	10	62	13	4	88	2	7			
11	42	2	37	27	3	63	12	7	89	2	5			
12	41	7	38	26	8	64	12	4	90	2	2			
13	40	11	39	26	4	65	11	7	91	2	»			
14	40	3	40	25	6	66	11	4	92	1	9			
15	39	7	41	24	10	67	10	7	93	1	6			
16	38	11	42	24	2	68	10	4	94	1	»			
17	38	3	43	23	6	69	9	7	95	»	6			
18	37	7	44	22	11	70	9	2	96	»	»			
19	36	11	45	22	4	71	8	8	97	»	»			
20	36	3	46	21	9	72	8	2	98	»	»			
21	35	7	47	22	2	73	7	9	99	»	»			
22	35	»	48	20	7	74	7	3	100	»	»			
23	34	5	49	20	»	75	6	10	»	»	»			
24	33	10	50	19	5	76	6	5	»	»	»			
25	33	3	51	18	10	77	6	»	»	»	»			

TAVOLA QUARTA DI **DEPARCIEUX**per **PARTICOLARI SOCIETÀ** di elette persone in **PARIGI**.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
0	»	»	26	36	7	52	49	4	78	5	4			
1	»	»	27	35	44	53	48	6	79	5	»			
2	»	»	28	35	4	54	47	10	80	4	8			
3	47	8	29	34	8	55	47	3	81	4	5			
4	48	1	30	34	1	56	46	8	82	4	4			
5	48	3	34	33	5	57	46	»	83	3	10			
6	48	2	32	32	10	58	45	5	84	3	6			
7	48	»	33	32	2	59	44	10	85	3	2			
8	47	8	34	34	6	66	44	3	86	2	44			
9	47	4	35	30	44	64	43	8	87	2	8			
10	46	10	36	30	3	62	43	»	88	2	4			
11	46	3	37	27	7	63	42	5	89	2	»			
12	45	8	38	28	44	64	44	10	90	4	9			
13	44	11	39	28	2	65	44	3	91	4	6			
14	44	2	40	27	6	66	40	8	92	4	3			
15	43	6	41	26	9	67	40	1	93	4	»			
16	42	10	42	26	4	68	9	7	94	»	6			
17	42	2	43	25	4	69	9	4	95	»	»			
18	41	6	44	24	7	70	8	8	96	»	»			
19	40	10	45	23	44	71	8	2	97	»	»			
20	40	3	46	23	2	72	7	9	98	»	»			
21	39	7	47	22	5	73	7	4	99	»	»			
22	39	»	48	21	9	74	6	11	100	»	»			
23	38	5	49	21	4	75	6	6	»	»	»			
24	37	9	50	20	5	76	6	1	»	»	»			
25	37	2	51	19	9	77	5	9	»	»	»			

TAVOLA QUINTA DI *HODGSON*

per LONDRA.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
0	8	»	26	24	6	52	»	»	78	»	»
1	36	6	27	24	»	53	»	»	79	»	»
2	37	»	28	23	6	54	»	»	80	5	»
3	38	»	29	23	»	55	13	»	81	»	»
4	39	9	30	22	6	56	»	»	82	»	»
5	39	6	31	22	»	57	»	»	83	»	»
6	39	»	32	21	8	58	»	»	84	»	»
7	38	»	33	21	4	59	»	»	85	3	6
8	37	6	34	21	»	60	11	»	86	»	»
9	37	»	35	20	»	61	»	»	87	»	»
10	36	»	36	»	»	62	»	»	88	»	»
11	35	»	37	»	»	63	»	»	89	»	»
12	34	6	38	»	»	64	»	»	90	2	»
13	34	»	39	»	»	65	9	»	91	»	»
14	33	»	40	17	6	66	»	»	92	»	»
15	32	»	41	»	»	67	»	»	93	»	»
16	31	»	42	»	»	68	»	»	94	»	»
17	30	»	43	»	»	69	»	»	95	»	»
18	29	»	44	»	»	70	8	»	96	»	»
19	28	»	45	16	»	71	»	»	97	»	»
20	27	»	46	»	»	72	»	»	98	»	»
21	27	4	47	»	»	73	»	»	99	»	»
22	27	»	48	»	»	74	»	»	100	»	»
23	26	»	49	»	»	75	7	»	»	»	»
24	25	6	50	14	»	76	»	»	»	»	»
25	25	»	51	»	»	77	»	»	»	»	»

TAVOLA SESTA DI **DUVILLARD**per la **FRANCIA**.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
0	20	4	28	30	8	56	43	4	84	2	40			
1	37	»	29	30	»	57	42	9	85	2	40			
2	42	9	30	29	5	58	42	2	86	3	4			
3	44	6	31	28	9	59	41	8	87	3	4			
4	45	8	32	28	2	60	41	1	88	3	5			
5	45	6	33	27	6	61	40	7	89	3	3			
6	45	4	34	26	11	62	40	1	90	3	4			
7	44	10	35	26	3	63	9	8	91	2	44			
8	44	2	36	25	7	64	9	2	92	2	9			
9	43	6	37	25	»	65	8	8	93	2	7			
10	42	9	38	24	4	66	8	3	94	2	5			
11	42	»	39	23	9	67	7	40	95	2	3			
12	41	3	40	23	1	68	7	5	96	2	1			
13	40	7	41	22	5	69	7	»	97	2	»			
14	39	10	42	21	10	70	6	7	98	1	10			
15	39	2	43	21	2	71	6	2	99	1	9			
16	38	5	44	20	7	72	5	10	100	1	7			
17	37	9	45	19	»	73	5	6	101	1	6			
18	37	1	46	19	4	74	5	2	102	1	4			
19	36	5	47	18	8	75	4	10	103	1	3			
20	35	9	48	18	1	76	4	6	104	1	2			
21	35	1	49	17	5	77	4	3	105	1	»			
22	34	5	50	16	10	78	4	11	106	»	44			
23	33	9	51	16	3	79	3	8	107	»	40			
24	33	2	52	15	8	80	3	5	108	»	40			
25	32	6	53	15	»	81	3	3	109	»	9			
26	31	11	54	14	5	82	3	»	110	»	»			
27	31	3	55	13	10	83	2	11	111	»	»			

TAVOLA SETTIMA

annessa alla Legge 30 Aprile 1864 della già Repubblica Italiana.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
0	8	»	26	30	2	52	45	6	78	3	44			
1	33	»	27	29	7	53	45	»	79	3	9			
2	38	»	28	29	»	54	44	6	80	3	7			
3	40	»	29	28	6	55	44	»	81	3	5			
4	44	»	30	28	»	56	43	5	82	3	3			
5	41	6	31	27	6	57	42	10	83	3	2			
6	42	»	32	26	11	58	42	3	84	3	1			
7	42	5	33	26	3	59	41	8	85	3	0			
8	44	6	34	25	7	60	41	4	86	»	»			
9	40	10	35	25	»	61	40	6	87	»	»			
10	40	2	36	24	5	62	40	»	88	»	»			
11	39	6	37	23	10	63	9	6	89	»	»			
12	38	9	38	23	5	64	9	»	90	»	»			
13	38	1	39	22	8	65	8	6	91	»	»			
14	37	5	40	22	1	66	8	»	92	»	»			
15	36	9	41	21	6	67	7	6	93	»	»			
16	36	»	42	20	11	68	7	»	94	»	»			
17	35	4	43	20	4	69	6	7	95	»	»			
18	34	8	44	19	9	70	6	2	96	»	»			
19	34	»	45	19	3	71	5	8	97	»	»			
20	33	5	46	18	9	72	5	4	98	»	»			
21	32	11	47	18	2	73	5	»	99	»	»			
22	32	4	48	17	8	74	4	9	100	»	»			
23	31	10	49	17	2	75	4	6	»	»	»			
24	31	5	50	16	7	76	4	3	»	»	»			
25	30	9	51	16	»	77	4	1	»	»	»			

TAVOLA OTTAVA

adottata in TOSCANA e detta dell'Ospedale di S. Maria Nuova.

Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.		Età attuale.	Vita futura probabile.	
	Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.		Anni.	Mesi.
1	30	»	26	25	»	51	40	»	76	5	»
2	30	»	27	25	»	52	40	»	77	5	»
3	30	»	28	25	»	53	8	»	78	5	»
4	30	»	29	25	»	54	8	»	79	5	»
5	30	»	30	22	»	55	7	»	80	5	»
6	30	»	31	22	»	56	7	»	81	5	»
7	30	»	32	22	»	57	7	»	82	5	»
8	30	»	33	22	»	58	7	»	83	5	»
9	30	»	34	22	»	59	7	»	84	5	»
10	30	»	35	20	»	60	5	»	85	5	»
11	30	»	36	20	»	61	5	»	86	5	»
12	30	»	37	20	»	62	5	»	87	5	»
13	30	»	38	20	»	63	5	»	88	5	»
14	30	»	39	20	»	64	5	»	89	5	»
15	30	»	40	15	»	65	5	»	90	5	»
16	30	»	41	15	»	66	5	»	91	5	»
17	30	»	42	15	»	67	5	»	92	5	»
18	30	»	43	15	»	68	5	»	93	5	»
19	30	»	44	15	»	69	5	»	94	5	»
20	28	»	45	10	»	70	5	»	95	5	»
21	28	»	46	10	»	71	5	»	96	5	»
22	28	»	47	10	»	72	5	»	97	5	»
23	28	»	48	10	»	73	5	»	98	5	»
24	28	»	49	10	»	74	5	»	99	5	»
25	25	»	50	10	»	75	5	»	100	5	»

SOLUZIONI

di diversi casi pratici coll'uso delle retroscritte

Tavole.



Caso Primo.

Venne imprestato per anni otto a merito doppio il capitale di Italiane lir. 6000 sotto l'annuo interesse del cinque per cento; si domanda quale sarà la somma da pagarsi dal mutuatario pel capitale datogli ad prestito e per gli interessi maturati ne' suddetti otto anni.

Soluzione.

Si cerchi nella colonna I della tavola nona, portante l'interesse annuo del cinque per cento, il numero otto degli anni in cui durò il mutuo; indi preso il N. 4,4774554, esistente nella colonna II in linea orizzontale, col N. 8 de' suddetti anni si moltiplichi pel capitale imprestato di lir. 6000, ed il prodotto risultante sarà la richiesta somma complessiva pel capitale dato a mutuo e per gl'interessi maturati come sopra, la quale a calcoli eseguiti riesce di Italiane lir. 8864. 73.

Caso Secondo.

Supposto fatto un prestito come nel caso antecedente, ad eccezione che il numero degli anni è frazionario, cioè per esempio di otto anni e tre mesi; si cerca la somma complessiva da pagarsi al mutuante pel di lui capitale, e per gl'interessi degli otto anni e tre mesi.

Soluzione.

Nella V colonna della suddetta tavola nona si cerchi il N. 4,012500 corrispondente in linea orizzontale al tre esistente nella I colonna, ed indicante il numero de' mesi del mutuo; quindi si moltiplichino per tale N. 4,012500 le lir. 8864.73, risultato ottenuto nel caso antecedente, ed il prodotto sarà la somma complessiva domandata del capitale posto a mutuo, e de' relativi interessi a merito doppio per gli otto anni e tre mesi, la quale somma è di lir. 8975.54.

Caso Terzo.

Uno morendo lasciò nel suo testamento per legato di pagare la somma di Milanesi lir. 8000, otto anni dopo la sua morte. L'erede contratta col legatario di pagarli subito dopo la morte del testatore un capitale in tacitazione del legato con condizione che lo stesso capitale venga desunto dalla somma legata, deducendovi gl'interessi composti per gli otto anni anticipati calcolati in ragione del cinque per cento. Quale sarà il capitale da sborsarsi dall'erede?

Soluzione.

Si prenda come nel caso I il N. 4,4774554; si dividano per questo numero le lir. 8000 disposte pel legato, ed il quoziente esprimerà la somma da pagarsi dall'erede al legatario, la quale sarà, a calcoli finiti, di Milanesi lir. 5444. 44. 3.

Caso Quarto.

Ritenute come nel caso III la disposizione del testatore, e le convenzioni fra l'erede ed il legatario, colla sola differenza che la somma lasciata pel legato debba pagarsi otto anni e tre

mesi dopo la morte del testatore, quale sborso dovrà effettuarsi dall'erede al legatario?

Soluzione.

Scelto come nel caso I il N. 4,4774554 nella colonna II della tavola nona, e trovato come nel caso II l'altro N. 4,042500 nella V colonna, si moltiplichino fra di loro questi due numeri; indi si divida la somma legata di lir. 8000 per il Numero 4,4939236 risultante dal prodotto suddetto. Il quoziente esprimerà il capitale da sborsarsi dall'erede al legatario per la fatta convenzione, il qual capitale riesce di Milanesi lir. 5347. 47. 4.

Caso Quinto.

Si è convenuto di dare a mutuo il capitale di Toscane lir. 8000 coll'interesse composto del cinque per cento all'anno, e colla condizione che esso capitale venga restituito, allorchè formerà co'suoi interessi un montante di lir. 44366,85. Si domanda per quanti anni dovrà durare il mutuo.

Soluzione.

Si divida il montante di Toscano lir. 44366,85 pel capitale posto a mutuo di lir. 8000, e si avrà per quoziente il N. 4,7938563; si cerchi nella II colonna della tavola nona, che contiene gli interessi del cinque per cento, se evvi tale quoziente (*), e qualora il medesimo esista si osservi quale numero vi corrisponda nella I colonna, mentre esso esprimerà il ri-

(*) Si avverte di non badare alla differenza di qualche unità, se vi fosse in più od in meno nell'ultima cifra decimale fra il determinato quoziente ed il numero che si cerca nella colonna II della detta tavola, mentre la medesima differenza non porta alcun divario sensibile ne' risultati. Questa avvertenza vale anche per gli altri successivi casi.

cercato numero degli anni. Siccome poi il suddetto N. 4,7958563 trovasi infatti nella colonna II, e vi corrisponde il N. 42 della I colonna; così la durata del suespresso mutuo sarà di anni N. 42.

Caso Sesto.

Per quanto tempo farà duopo di dare a mutuo il capitale di Toscane lir. 8000, acciocchè co' suoi interessi, come nel caso antecedente, si abbia in fine dello stesso tempo un montante di lir. 44726,022 ?

Soluzione.

Diviso il montante di lir. 44726,022 pel capitale di lir. 8000 ed ottenuto il quoziente N. 4,8407527, si osservi come antecedentemente nella colonna II della tavola nona se trovasi in essa contenuto. Visto però che in essa non esiste, ma che è compreso fra i N. 4,7958563 e N. 4,8856494 della stessa colonna, si conchiuderà che il tempo domandato è di N. 42 anni intieri (corrispondenti nella colonna I al N. 4,7958563 della colonna II prossimo minore del detto quoziente) e di una frazione d'anno.

Per determinare i mesi che formano tale frazione si divida il sopra trovato quoziente N. 4,8407527 pel suddetto N. 4,7958563 prossimo minore dello stesso quoziente, da cui nasce per nuovo quoto il N. 4,0249999. Si esperimenti se quest'ultimo numero esista nella colonna V, e trovatolo infatti in corrispondenza al N. 6 della I colonna (non badando alla differenza retro avvertita nell'ultima cifra), si dedurrà per conseguenza che il N. 6 esprime i richiesti mesi. Quindi il tempo domandato sarà in totalità di anni N. 42 e mesi 6.

Osservazione.

Qualora l'ultimo quoto non fosse contenuto nella colonna V, come, per esempio se il montante fosse di lir. 44740, per

cui diviso questo stesso montante pel capitale di lir. 8000, si avesse il quoziente N. 4,8425000 ancora compreso fra i due suindicati N. 4,7958563 e N. 4,8856494; e diviso il medesimo quoziente per il N. 4,7958563 prossimo minore dello stesso quoziente si ottenesse per nuovo quoto il N. 4,025973, il quale non si trova nella detta colonna V, ma è compreso tra i due successivi N. 4,025000 e N. 4,029167, sarà segno che la ricercata frazione non è un numero esatto di mesi, e per rinvenirla eccone il processo.

Dall' ultimo quoto N. 4,025973 si sottragga l'unità, ed il residuo N. 0,025973 si divida per l'interesse annuo di una lira, considerato come numero astratto, cioè si divida per 0,05 ossia si moltiplichi per 100 e si divida per 5. Quest' ultimo quoziente N. 0,519460 sarà la ricercata frazione dell' anno, la quale ridotta in mesi e giorni riesce di mesi N. 6, giorni 7; ed in questo caso il tempo richiesto sarà di anni N. 42, mesi 6, giorni 7.

Caso Settimo.

Per un capitale di lir. 42000 posto a mutuo per anni venti ad interesse composto discreto furono pagato alla fine de' medesimi venti anni lir. 28940,568 in tacitazione del capitale imprestatato e degli interessi relativi. Si domanda al quanto per cento all'anno venne impiegato tal capitale.

Soluzione.

Si divida la somma di lir. 28940,568, pagata alla fine dei venti anni, pel capitale imprestatato di lir. 42000, e si otterrà il quoziente N. 2,4417440. Ciò fatto si osservino in ciascuna delle tredici tavole degli interessi e sconti, i numeri della colonna II corrispondenti in linea orizzontale al N. 20 degli anni del mutuo esistenti nella I colonna, si troverà che il ripetuto quoziente è nella detta colonna II della tavola settima. E siccome l'interesse annuo, con cui sono stati desunti i calcoli in essa

tavola esposti, è quello del $4 \frac{1}{2}$ per cento; così l'impiego del suespresso capitale fu di lir. $4 \frac{1}{2}$ per ogni lir. 100.

Osservazione.

Se il suddetto quoziente si trovasse in nessuna colonna II delle tredici tavole retro in corrispondenza come sopra al N. 20 degli anni di durata del mutuo, ma che però il medesimo quoziente non cadesse fuori de' limiti delle tavole; cioè se per esempio la somma da pagarsi alla fine del mutuo invece di essere come nel caso antecedente di lir. 28940,568, fosse di lire 30000, per cui dividendo tale somma di lir. 30000 pel capitale di lir. 42000 si ottenesse per quoziente il N. 2,5000000, il quale è maggiore del N. 2,4417440 esistente nella colonna II della tavola settima in corrispondenza al N. 20 della colonna I, ed è minore del N. 2,5297676 esistente nella II colonna della tavola ottava pure in corrispondenza al N. 20 della I colonna, in tal caso l'impiego del mutuo è compreso fra il $4 \frac{1}{2}$ ed il $4 \frac{3}{4}$ per cento all'anno; e per determinare con approssimazione al quanto per cento fu impiegato il capitale di lir. 42000 dato a mutuo si opererà come siegue.

Si faccia la differenza fra i suddetti due N. 2,4417440 e N. 2,5297676, l'uno prossimo minore e l'altro prossimo maggiore del surriferito ultimo quoziente N. 2,5000000, dal che si ottiene il N. 0,4480536. Si trovi pure la differenza fra il N. 2,5000000 ed il suo prossimo minore N. 2,4417440, la quale dà il N. 0,0882860. Ciò posto, s'instituisca la seguente regola del tre; se il N. 0,4480536 prima differenza ottenuta come pocanzi, dà $1 \frac{1}{4}$ di lira, ossia lir. 0,25 di differenza fra l'interesse portato dalla tavola settima, e quello della tavola ottava, la seconda delle sopra trovate differenze che è il N. 0,0882860, qual differenza d'interesse darà fra quello della ripetuta tavola settima del $4 \frac{1}{2}$ per cento ed il richiesto? E da questa regola del tre si otterranno lir. 0,487, le quali unite all'interesse di lir. $4 \frac{1}{2}$ ossia di lir. 4,50 della tavola settima daranno approssi-

mativamente il ricercato impiego del mutuo, il quale risulta di lir. 4,687 per cento.

Caso Ottavo.

Posti i medesimi dati del caso VII, ad eccezione che il numero degli anni in cui durò il mutuo non è intero, vale a dire che il tempo in cui stette impiegato il capitale di lir. 42000 fu di venti anni ed otto mesi, e che la somma sborsata in fine di talo tempo per capitale ed interessi fu di lir. 29808,785. Si cerca qual è stato l'interesse annuo col quale venne posto a mutuo il detto capitale.

Soluzione.

Divisa la somma di lir. 29808,785 pagata in fine de' venti anni ed otto mesi, pel capitale dato a mutuo; ed ottenuto per quoziente il N. 2,4840654, si osservi in quale delle suddette tredici tavole il prodotto del numero esistente nella II colonna in corrispondenza al N. 20 della I colonna, pel numero della colonna V della medesima tavola in linea orizzontale col N. 8 de' mesi suddetti preso nella I colonna, formi il sopra trovato quoziente N. 2,4840654. Da questa ispezione (che con qualche pratica si eseguisce con grande prestezza) emerge che il predetto quoziente N. 2,4840654 risulta dal prodotto del N. 2,4447440 della colonna II in linea orizzontale col N. 20 della I colonna, ed il tutto appartenente alla tavola settima, pel N. 4,030000 della V colonna della stessa tavola ed in linea orizzontale col N. 8 della colonna I. Quindi si conchiuderà che il capitale summentovato di lir. 42000 venne impiegato all'interesse annuo portato dalla detta tavola settima, cioè in ragione di lir. $4 \frac{1}{2}$ per ogni lir. 400.

Osservazione.

Allorchè il numero risultante dalla divisione della somma pagata in fine degli anni venti ed otto mesi pel capitale posto a mutuo eguagliasse nessuno de' prodotti risultanti come nella soluzione dell' ora espresso caso VIII, ma fosse compreso fra due di tali prodotti, come per esemipo se la somma pagata in fine degli anni 20 ed otto mesi fosse di lir. 30600, per cui il quoziente N. 2,5500000, che si ottiene dividendo tale somma di lir. 30600 pel capitale di lir. 42000, è compreso fra il N. 2,4840654 ed il N. 2,6098778, il primo de' quali nasce dal prodotto del N. 2,447440 esistente nella colonna II della tavola settima in linea orizzontale col N. 20 degli anni della colonna I pel Num. 4,030000 della colonna V in corrispondenza al N. 8, de' mesi della colonna I, ed il secondo risulta dal prodotto del Numero 2,5297676 della colonna II della tavola ottava in linea orizzontale col detto N. 20 della colonna I pel N. 4,031667 della V corrispondente al N. 8 della I; in questa emergenza l'interesse annuo, al quale fu impiegato il succennato capitale di lir. 42000, è compreso fra gl' interessi del $4\frac{1}{2}\%$ e del $4\frac{3}{4}\%$, per cento portati rispettivamente dalle suddette tavole settima ed ottava; e per calcolare con approssimazione l'interesse annuo pel mutuo in discorso si opererà con un metodo simile a quello adottato nell'osservazione del caso VII, cioè: Si trovi la differenza fra li N. 2,4840654 e N. 2,6098778, indi quella delli N. 2,4840654 e N. 2,5500000, e poscia si faccia la regola del tre: se 0,1258124 prima differenza ora trovata produce $\frac{1}{4}$ di lira per differenza degl' interessi annui calcolati nelle tavole settima ed ottava; l'altra differenza 0,0659346 qual differenza darà fra l'interesse annuo esposto nella tavola settima ed il richiesto? Trovato con questa regola il numero 0,434, si aggiunga all'interesse annuo di lir. 4,50 per cento della tavola settima, ed il risultato sarà prossimamente il richiesto annuo interesse, il quale viene ad essere di lir. 4,634 per lir. 400.

Caso Nono.

Tizio deve a Sempronio per anni sei una costante annuità di franchi 2000 da pagarsi alla fine di ciascuno di tali anni e vorrebbe questi ricevere al momento ossia al principio del seennio la corrispondente somma capitale. Cercasi quale sarà questo capitale desunto collo sconto doppio regolato in ragione di franchi 5 per ogni franchi 105 all'anno; cosicchè il medesimo capitale debba essere tale, che scontata alla fine d'ognuno de' sei anni l'annuità di franchi 2000 rimangano alla fine del seennio estinti il capitale e gli interessi calcolati in ragione di franchi 5 per ogni franchi 100 all'anno.

Soluzione.

Nella tavola nona pei calcoli d'interesse del 5 per 100, e degli sconti del 5 sopra 105 all'anno si prenda nella colonna IV il N. 5,0756924 in linea orizzontale col N. 6 esistente nella colonna I ed indicante il suddetto numero degli anni; indi si moltiplichino lo stesso N. 5,0756924 per l'annuità di franchi 2000, ed il prodotto sarà il capitale ricercato, il quale risulta di franchi 10151,38.

Caso Decimo.

Invece di un'annuità di franchi 2000 da pagarsi per anni sei, alla fine di ciascuno di essi e della porzione d'annuità relativa ad altri mesi cinque successivi ai detti anni, da corrispondersi al termine del medesimo mese, la quale porzione è $5/12$ di franchi 2000, si tratta di sborsare al principio degli anni sei e mesi cinque un capitale equivalente alla predetta annuità pe' sei anni, ed all'analogia porzione della medesima per i cinque mesi. Si domanda quale sarà questo capitale adottando lo sconto come sopra.

Soluzione

Nella sopra usata tavola nona si scelga nella VI colonna il N. 0,408163 in linea orizzontale al N. 5 de' suddetti mesi esistenti nella I colonna, e si divida pel N. 4,3400956 posto nella II colonna ed in corrispondenza al N. 6 degli anni portati dalla ripetuta colonna I, indi il quoziente N. 0,3045776 aggiungasi al N. 5,0756921 preso nel caso antecedente nella colonna IV, ed il totale N. 5,3802697 si moltiplichi per l'annuità di franchi 2000. Il prodoito risultante sarà il chiesio capitale in franchi 40760,54.

Caso Undecimo.

Cercasi quale annua somma costante Tizio dovrà pagare a Sempronio per anni dieci, affinchè rimanga estinto in tale tempo il capitale di Milanesi lir. 44000, ricevute da Sempronio, in un cogli interessi regolati al cinque per cento all'anno.

Soluzione.

Nella tavola nona alla colonna IV, ed in linea orizzontale col N. 40 de' suddetti anni, esistenti nella I colonna, si assuma il N. 7,7247349, e per questo numero si divida il capitale di lir. 44000; il quoziente rappresenterà l'annuità costante che Tizio dovrà corrispondere a Sempronio alla fine di ciascuno dei dieci anni, la quale riesce di Milanesi lir. 4843. 4. 3.

Caso Duodecimo.

Tizio dell'età d'anni quarantaquattro conviene con Sempronio di convertire in un'annua vitalizia prestazione un capitale di lir. 50000, desumendo la durata probabile della di lui vita dalla tavola annessa alla legge 20 aprile 1804 della già Repubblica Italiana, e regolando l'interesse annuo in ragione di

lir. $4 \frac{1}{2}$ per ogni lir. 400. Cercasi quale sarà l'annua vitalizia prestazione.

Soluzione.

A' termini della retroscritta tavola VIII per la durata della vita umana, la quale è desunta precisamente da quella annessa alla suddetta legge, la vita futura probabile di Tizio corrispondentemente alla di lui età attuale d'anni N. 44 è di anni N. 49 e mesi N. 9. Ciò premesso, dalla II colonna della tavola settima per gl'interessi del $4 \frac{1}{2}$ per cento e per gli sconti del $4 \frac{1}{2}$ sopra 404 $\frac{1}{2}$ si prenda il N. 2,3078603 in linea orizzontale cogli anni intieri N. 49 esistenti nella colonna I, e per esso si divida il N. 0,725514 della colonna VI in linea orizzontale col N. 9 de' suddetti mesi posti nella colonna I, ed il quoziente N. 0,3143665 si aggiunga al N. 42,5932936 preso nella colonna IV in linea orizzontale col suespresso N. 49 degli anni intieri nella I colonna; indi per la somma risultante N. 42,9076604 si divida il capitale di lir. 50000, ed il quoto che se ne otterrà, sarà l'annua costante somma da corrispondersi da Sempronio a Tizio durante la vita naturale di quest' ultimo, la quale prestazione vitalizia per ciascuno degli anni diciannove è di Milanesi lir. 3873. 43. 4.

Pei nove mesi poi la corrispondente porzione di vitalizia prestazione sarà di $\frac{9}{12}$ di lir. 3873. 43. 4, cioè lir. 2905. 5.

Caso Decimoterzo.

Per quanti anni Tizio dovrà corrispondere a Sempronio l'annuità costante di lir. 42000, affinchè siano estinti il capitale di Italiane lir. 434838,18 datogli da Sempronio, e i dipendenti interessi composti in ragione di lir. $4 \frac{1}{2}$ per ogni lir. 400 all'anno ?

Soluzione.

Si premetta la divisione del capitale di lir. 434808,48 per l'annuità di lir. 42000, dalla quale risulta il N. 44,2340450. Cerchisi nella colonna IV della surriferita tavola settima se trovasi tale numero; e siccome esso esiste appunto in tal colonna in linea orizzontale col N. 46 della colonna I, così si dedurrà che gli anni ricercati sono N. 46.

Caso Decimoquarto.

Ritenuti i dati del caso antecedente ad eccezione che il capitale da estinguersi come sopra è di lir. 439574,45, si cerca per quanto tempo dovrà corrispondersi infine d'ogni anno di tal tempo la somma capitale di lir. 42000.

Soluzione.

Dalla divisione del capitale di lir. 439574,45 per l'annuità di lir. 42000 emerge per quoziente il N. 44,6344794, che ricercato nella colonna IV della tavola settima non si trova esattamente, ma si vede essere compreso fra i N. 44,2340450 e N. 44,7071944 corrispondenti in linea orizzontale ai N. 46 e 47 della I colonna. Da ciò si deduce che il tempo ricercato è un numero frazionario d'anni maggiore di sedici, minore di diciassette.

Per ottenere il numero de' mesi che ai sedici anni mancano a compimento del tempo domandato, si prenda il N. 44,2340450 prossimo minore al suddetto quoziente N. 44,6344792, e si sottragga dal medesimo quoziente; la differenza N. 0,3974642 si moltiplichi pel N. 2,0223702 assunto nella colonna II in linea orizzontale al N. 46 della I colonna, ed il prodotto N. 0,803213 si cerchi nella colonna VI. E poichè esso esiste in tale colonna in linea orizzontale al N. 40 della I colonna, si conchiuderà che il richiesto numero de' mesi è 40, per cui il tempo necessario

per estinguere il capitale suddetto coi relativi interessi sarà di anni N. 46 e mesi 40.

La porzione d'annuità poi da corrispondersi alla fine di detto tempo pei mesi N. 40 sarà $\frac{10}{12}$ di lir. 42000, ossia lire. 40000.

Osservazione.

Se l'ultimo prodotto ottenuto come sopra non esistesse nella colonna VI, cioè se per esempio il capitale da estinguersi nel modo suindicato fosse di lir. 439800, per cui diviso questo medesimo capitale per l'annuità di lir. 42000 si ottenesse il N. 44,6500000, che è pure compreso fra i N. 44,2340450 e N. 44,7074914, e sottrattovi da tale quoto N. 44,6500000 il prossimo minore N. 44,2340450 risultasse il N. 0,4159850, che moltiplicato pel N. 2,0223702, preso nella colonna II in corrispondenza al N. 46 della I colonna, desse per prodotto il N. 0,8442757 che è intermedio ai due N. 0,803213 e N. 0,880352 della colonna VI, in questo caso il tempo ricercato è di anni N. 46 intieri, e di una frazione che non è un numero intiero di mesi.

Per rinvenire tale frazione (qualora si voglia tener conto non solo de' mesi, ma anche delle parti più piccole, come sono i giorni) si opererà come segue. Il sopra trovato prodotto N. 0,8442757 si moltiplicherà per la frazione $\frac{4}{100}$, che ha per nu-

meratore l'interesse annuo delle lire cento, e per denominatore le stesse cento lire, ed il prodotto N. 0,0378574 si sottrarrà dall'unità per ottenere la differenza N. 0,9621426, colla quale si dividerà il ripetuto N. 0,8442757, ed il quoto sarà la richiesta frazione dell'anno, cioè di mesi N. 40 e giorni 44, cosicchè il tempo totale domandato verrà ad essere di anni N. 46, mesi 40, giorni 44.

E la porzione d'annuità da pagarsi alla fine dei mesi N. 40 e giorni 44 sarà di lir. 40466,67.

Caso Decimoquinto.

Al quanto per cento all'anno devesi impiegare il capitale di lire nuove di Piemonte 403796,58, affinchè col mezzo di una costante annuità di lir. 40000 rimanga estinto in quindici anni il capitale stesso in un cogl'interessi che ne dipendono?

Soluzione.

Si divida il dato capitale di lir. 403796,58 per l'annuità di lir. 40000, e si otterrà il N. 40,3796580. Si osservi in quale delle tredici tavole d'interesse e sconto, il numero esistente nella colonna IV in linea orizzontale col N. 45 degli anni suddetti posto nella I colonna eguagli il trovato quoziente N. 40,3796580, e nella tavola nona, cioè in quella degli'interessi del 5 per cento e degli sconti del 5 sopra cento cinque, succedendo appunto tale eguaglianza, ne verrà che l'interesse annuo domandato è di lir. 5 per ogni lir. 400.

Osservazione.

Qualora in nessuna colonna IV delle suddette tredici tavole ed in linea orizzontale col N. 45 della colonna I si trovasse esattamente il suespresso quoziente, ma che però esso fosse intermedio a due qualunque di quelli delle tavole; come se per esempio il capitale da impiegarsi fosse di lir. 402600, cosicchè dalla divisione dello stesso capitale per l'annuità di lir. 40000 si ottenesse per quoto il N. 40,2600000, che è compreso fra i due N. 40,3796580 e N. 40,2064615 ambedue esistenti nella colonna IV ed in linea orizzontale col N. 45 della colonna I, ma il primo appartenente alla tavola nona, ed il secondo alla decima; in tal caso l'interesse cercato è compreso fra il 5 ed il $5\frac{1}{4}$ per cento portati rispettivamente dalle anzidette due tavole, e per averlo con approssimazione si terrà il processo seguente.

Si faccia la differenza fra i suddetti due numeri l'uno prossimo maggiore e l'altro prossimo minore del vero, la quale dà il N. 0,4731965, e si faccia pure la differenza fra il numero prossimo maggiore N. 40,3796580 ed il ripetuto N. 40,2600000, la quale somministra per risultato il N. 0,1196580. Ciò premesso, s'istituisca la regole del tre: se la differenza N. 0,4731965 produce $\frac{1}{4}$ di lira per differenza fra gl'interessi delle due tavole nona e decima, il residuo N. 0,1196580 qual differenza d'interesse darà fra il richiesto e quello della tavola nona? Da questa regola del tre si ottengono, pel risultato che si cerca, lir. 0,472, le quali unite all'interesse di lir. 5 per cento della tavola nona, in cui esiste il suddetto numero prossimo maggiore al vero, daranno prossimamente il ricercato interesse, che viene ad essere di lir. 5,472 per ogni lir. 400.

Caso Decimosesto.

Per un capitale di lir. 405759,913 da estinguersi in un coi relativi interessi in anni quindici e cinque mesi coll'annuità di lir. 40000 per gli anni interi, e coll'analogà porzione d'annuità pei mesi cinque, si cerca la regola d'impiego del capitale medesimo.

Soluzione.

Fatta la divisione del capitale di lir. 405759,913 per l'annuità di lir. 40000, donde risulta il N. 40,5759913, si sperimenti in ciascuna tavola, ove il numero della IV colonna in linea orizzontale col N. 45 degli anni posti nella I colonna, sommato col quoto che nasce dividendo il numero della colonna VI in corrispondenza al N. 5 de' mesi esistenti nella I colonna pel numero della colonna II in linea orizzontale al N. 15, faccia il suddetto N. 40,5759913; il che nel caso presente verificandosi nella tavola nona, portante i calcoli coll'interesse annuo del cinque per cento, si conchiuderà che la richiesta regola d'impiego è del 5 per 400.

Osservazione.

Allorquando dall'esperimento testè praticato colle suddette tavole non risultasse esattamente il sopra trovato quoziente, ma che però esso fosse compreso fra due numeri nascenti colle operazioni suespresse col mezzo di due tavole vicine; come, per esempio, se il capitale da estinguersi fosse di lir. 404000, per cui dalla divisione di questo capitale per l'annuità di lir. 10000 si avesse il N. 40,4000000, il quale è compreso fra il numero 40,5759943 ed il N. 40,3957216, che nascono il primo col sommare il N. 40,3796580 esistente nella colonna IV della tavola nona in linea orizzontale col N. 45 (degli anni) della I colonna, col N. 0,1963333, quoziente risultante dal dividere il numero 0,408463 della colonna VI in linea orizzontale col N. 5 (de'mesi) scritto nella colonna I, pel N. 2,0789282 della colonna II in linea orizzontale al N. 45 della I colonna, ed il secondo col fare operazioni simili per mezzo della tavola decima; in tal caso è segno che l'interesse annuo richiesto è compreso fra quelli del 5 e del $5\frac{1}{4}$ per cento portati dalle dette tavole nona e decima; e per rinvenire con approssimazione il medesimo interesse si opererà colle norme che seguono.

Si faccia la differenza fra i suddetti due N. 40,5759943 e N. 40,3957216, fra i quali è compreso il N. 40,4000000, e si sottragga pure dal primo N. 40,5759943 il N. 40,4000000, per cui si abbiano rispettivamente per residui i N. 0,1802697 e N. 0,1759943; indi si istituisca la regola del tre: se il residuo N. 0,1802697 produce $\frac{1}{4}$ di lira di differenza fra gl'interessi delle due tavole nona e decima, il residuo N. 0,1759943 qual differenza fra il richiesto interesse e quello della tavola nona produrrà? Da ciò emergono lir. 0,244 per la differenza approssimativa fra il domandato interesse e quello della tavola nona, per cui lo stesso interesse annuo che si ricerca, risulterà prossimamente dalla somma di lir. 0,244 coll'interesse annuo del 5 per 100 portato dalla ripetuta tavola nona, ossia prossimamente lir. 5, 244 per ogni lir. 400.

Caso Decimosestimo.

Non fu pagata per anni quattordici l'annuità devoluta di Italiane lir. 600 alla fine di ciascuno di essi. Si domanda qual somma dovressi sborsare in compenso delle annuità non soddisfatte, e de' relativi interessi a merito doppio in ragione del 4 per cento all'anno.

Soluzione.

Nella colonna III della tavola quinta pei calcoli d'interesse del 4 per cento, ed in linea orizzontale col N. 44 degli anni scritti nella I colonna si prenda il N. 48,2919442, e con questo si moltiplichino l'annuità di lir. 600. Il prodotto sarà la chiesta somma da corrispondersi per le annuità che non furono pagate ne' quattordici anni, e pei competenti interessi composti discreti, la quale somma riesce di lir. 40975,45.

Caso Decimottavo.

Sono trascorsi quattordici anni e quattro mesi senza essere stata pagata la dovuta annuità di lir. 600 alla fine di ciascun anno del quattordicennio, e l'analogha porzione d'annuità alla fine de' quattro mesi; quale sarà la somma da corrispondersi in tacitazione dei non eseguiti pagamenti al termine d'ognuno dei detti anni ed alla fine de' quattro mesi, ritenuti il merito doppio e l'interesse annuo come nel caso antecedente?

Soluzione.

Assunto il N. 48,2919442, nella soluzione precedente, si moltiplichino pel N. 4,013333 posto nella colonna V in linea orizzontale al N. 4 (de' mesi) scritto nella I colonna; indi al prodotto N. 48,5357973 si aggiunga la frazione $\frac{4}{12}$ d'anno per i

suddetti mesi, cioè la frazione 0,3333333, e la somma risultante N. 48,8691306 moltiplicata per l'annuità di lir. 600 darà la domandata somma, la quale importa lir. 44321,48.

Caso Decimonono.

Fra i diritti di Tizio evvi quello di conseguire dopo diciotto anni N. 30000 fiorini di convenzione, e lo stesso Tizio vorrebbe cedere il suo credito a Sempronio con condizione che questi gli pagasse un'annua costante somma desunta dai suddetti fiorini 30000 collo sconto composto del 4 per ogni 104 all'anno. Si domanda quale sarà l'annuità da corrispondersi dal cessionario al cedente.

Soluzione.

Nella colonna III della suddetta tavola quinta si prenda il N. 25,6454429 in linea orizzontale col N. 48 degli anni suddetti esistenti nella colonna I, e si divida coll' assunto N. 25,6454429 la data somma di fiorini 30000. Il quoziente che ne risulta, è la ricercata annuità da corrispondersi dal cessionario a Tizio, la quale riesce di fiorini 4469,79.

Caso Ventesimo.

Ritenuti i dati del caso antecedente colla sola diversità che il numero degli anni è frazionario, cioè di anni diciotto e mesi sei, quale sarà l'annuità da pagarsi dal cessionario alla fine di ciascuno de' diciotto anni, e quale porzione d'annuità dovrà sborsarsi alla fine de' sei mesi?

Soluzione.

Il N. 25,6454429, che servì di divisore nel caso antecedente, si moltiplichì pel N. 1,020000 posto nella colonna V della

suddetta tavola ed in linea orizzontale col N. 6 (de' mesi) scritto nella I colonna; indi al prodotto N. 26,4583212 si aggiunga la frazione dell'anno pe' mesi sei, cioè $\frac{6}{12}$ ossia 0,5; e col N. 26,6583212, risultante dalla somma, divisi i fiorini 30000 si otterrà nel quoto l'annuità da pagarsi alla fine di ciascuno de' diciotto anni, la quale è di fiorini 4425,35.

La porzione poi da corrispondersi alla fine de' sei mesi sarà $\frac{6}{12}$ di fiorini 4425,35, cioè fiorini 562,68.

Caso Ventesimoprimo.

Per quanti anni non si dovrà riscuotere l'annuità di Italiano lir. 44000, che si è in diritto di ricevere alla fine d'ogni anno, affinchè si abbia a percepire al termine de' medesimi anni la somma di lir. 74824,044 per le annuità non pagate, e poi relativi interessi a merito doppio in ragione di lir. 5 per ogni lire cento all'anno?

Soluzione.

Si premetta la divisione della somma di lir. 74824,044 per l'annuità di lir. 44000, e si otterrà per quoziente il numero 6,8049428. Cerehisi nella colonna III della tavola nona contenente i calcoli degl'interessi al cinque per cento, se esista tale quoziente N. 6,8049428, e trovato infatti in linea orizzontale col N. 6 della I colonna si conchiuderà che gli anni richiesti sono N. 6.

Caso Ventesimosecondo.

Vennero pagate a Tizio dopo un certo tempo Italiano lir. 78000 per l'annuità di lir. 44000 che era al medesimo dovuta in fine d'ogni anno di tal tempo, e per gl'interessi composti in ragione del cinque per cento all'anno, dipendentemente dal

non effettuato soddisfacimento di tale annuità. Cercasi quale sarà questo tempo.

Soluzione.

Fatta come nel caso antecedente la divisione delle lir. 78000 per l'annuità di lir. 41000, siccome nasce per quoziente il N. 7,0909091, il quale non si trova nella colonna III della poc' anzi usata tavola nona, ma è però compreso fra i due N. 6,8019128 e N. 8,1420084 della stessa colonna, e corrispondenti il primo al N. 6 ed il secondo al N. 7 della colonna I; così sarà evidente che il tempo richiesto è un numero d'anni maggiore di 6 e minore di 7, vale a dire esso è di N. 6 anni intieri, e d'una frazione del settimo, la quale si determina come segue.

Dal quoziente N. 7,0909091 si detragga il suddetto N. 6,8019128 prossimo minore allo stesso quoziente, ed il residuo N. 0,2889963 diviso pel N. 4,3400956, preso nella colonna II in linea orizzontale al N. 6 de' suddetti anni intieri scritti nella I colonna, fornirà nel quoziente il N. 0,215653 per la ricercata frazione d'anno, la quale ridotta a mesi e giorni, ed unita agli anni sei darà il tempo ricercato in anni N. 6, mesi 2, giorni 48.

Caso Ventesimoterno.

Per l'annuità di Italiane lir. 5000 che si doveva corrispondere per anni dieci alla fine d'ognuno di essi, venne pagata la somma di lir. 64376,769 al termine del decennio. Domandasi al quanto per cento all'anno vennero calcolati gl'interessi composti relativi alle dette annuità non soddisfatte.

Soluzione.

Si divida la somma di lir. 64376,769 per l'annuità di lir. 5000, dal che si otterrà per quoto il N. 12,8733538; si esperimenti in quale delle sunnominate tredici tavole il numero

posto nella III colonna in linea orizzontale col N. 40 degli anni suddetti, esistente nella I colonna, eguagli il trovato quoziente N. 42,8753538; e poichè emerge da tale ispezione che la tavola undecima portante i calcoli degl'interessi al $5\frac{1}{2}$ per cento offre il suddetto quoziente, sarà la domandata regola d'impiego in ragione di lir. $5\frac{1}{2}$ per ogni lir. 100.

Osservazione.

Se invece della somma di lir. 64376,769 si avessero lir. 64500, sicchè divisa questa somma di lir. 64500 per l'annuità di lir. 5000 si ottenesse per quoziente il N. 12,9000000, il quale è intermedio ai N. 12,8753538 e N. 13,0270644 ambedue contenuti nella colonna III ed in linea orizzontale col N. 40 della colonna I, ma il primo appartenente alla suespressa tavola undecima relativa agl'interessi del $5\frac{1}{2}$ per cento, ed il secondo esistente nella tavola duodecima per gl'interessi del $5\frac{3}{4}$ per cento, sarà segno che il richiesto interesse annuo è compreso fra il $5\frac{1}{2}$ ed il $5\frac{3}{4}$ per cento; e per assegnare con approssimazione il medesimo interesse si faranno i seguenti conteggi.

Si trovi la differenza fra i due N. 12,8753538 e N. 13,0270644 e si faccia pure la differenza fra il N. 12,9000000 ed il suo prossimo minore N. 12,8753538, dal che si avranno per residui rispettivamente i N. 0,4547103 e N. 0,0246462. Istituiscasi la regola del tre: se il residuo primo N. 0,4547103 dà la differenza di $\frac{1}{4}$ di lira fra gl'interessi delle due tavole undecima e duodecima, il secondo residuo N. 0,0246462 qual differenza produrrà fra l'interesse del $5\frac{1}{2}$ ed il richiesto? Da questa regola del tre si otterrà prossimamente la ricercata differenza d'interesse in lir. 0,044, cosicchè il domandato interesse annuo, risulterà prossimamente della somma di lir. $5\frac{1}{2}$ colle lir. 0,044, ossia di lir. 5,544 per lir. 100.

Caso Ventesimequarto.

Ritenuti i dati del caso antecedente colla sola differenza che si doveva corrispondere l'annuità suddetta di lir. 5000 per anni dieci, e successivamente dopo otto mesi la corrispondente frazione $\frac{8}{12}$ della medesima annuità di lir. 5000, e che si pagarono lir. 70070,605 in fine degli anni dieci e mesi otto in compenso delle annuità e della porzione d'annuità non soddisfatte non che de' relativi interessi composti discreti; si domanda al quanto per cento all'anno furono calcolati tali interessi.

Soluzione.

Divisa la somma di lir. 70070,605 per l'annuità di lir. 5000, ed ottenuto il quoziente N. 14,0144210, si osservi in quale delle suddetto tredici tavole il numero preso nella colonna III (in linea orizzontale al N. 10 degli anni, scritto nella I colonna) moltiplicato pel numero della colonna V in corrispondenza al N. 8 de' mesi posti nella I colonna, ed aggiunto alla frazione $\frac{8}{12}$ dell'anno pe' suddetti otto mesi, dia per risultato il ritrovato quoziente N. 14,0144210. E siccome ciò succede nella tavola undecima portante l'interesse annuo del $5 \frac{1}{2}$ per cento; così si conchiuderà essere stati calcolati gl'interessi composti delle annuità non pagate in ragione di lir. $5 \frac{1}{2}$ per ogni lir. 100.

Osservazione.

Qualora dalle indagini fatte, come si è ora praticato, non risultasse il suddetto quoziente, ma che però il medesimo fosse compreso fra due di que' numeri ottenuti col testè indicato esperimento: come, per esempio, se la somma pagata in tacitazione delle annuità e porzione d'annuità non corrisposte e

de' relativi interessi fosse stata di lir. 70500, cosicchè divisa tale somma per l'annuità di lir. 5000 si abbia per quoziente il N. 14,1000000, il quale è compreso fra i N. 14,0141210 e N. 14,1930972 trovati rispettivamente mediante le tavole undecima e duodecima coll'esecuzione delle operazioni retro indicate; in questo caso l'interesse annuo cercato sarà compreso fra il $5\frac{1}{2}$ ed il $5\frac{3}{4}$ per cento portati parzialmente dalle anzidette due tavole undecima e duodecima; e per determinare lo stesso interesse con approssimazione si opererà come segue.

Si faccia la differenza fra i due N. 14,0141210 e numero 14,1930972, sicchè emerga il residuo N. 0,1789762; e si trovi pure la differenza fra i N. 14,1000000 e N. 14,0141210, la quale è espressa dal N. 0,0858790; indi si faccia la regola del tre: se il residuo N. 0,1789762, dà $\frac{1}{4}$ di lira per differenza fra gl'interessi annui del $5\frac{1}{2}$ e $5\frac{3}{4}$ per cento (portati dalle tavole undecima e duodecima) il residuo N. 0,0858790 qual differenza produrrà prossimamente fra l'interesse annuo del $5\frac{1}{2}$ per cento ed il richiesto? Il risultato da questa regola del tre, che è di lir. 0,42, unito all'interesse del $5\frac{1}{2}$ per cento, darà il quanto per cento all'anno, col quale furono calcolati gl'interessi dipendenti dalle annuità, e porzione d'annuità non pagate, che riuscirà di lir. 5,62.

Caso Ventesimoquinto.

Si vuole vendere un bosco, che tagliato per intiero ogni nove anni produce di netto ad ogni taglio lir. 1800 Milanesi, e trovasi presentemente a *foglie quattro*, cioè sono trascorsi quattro anni da che è stato fatto l'ultimo taglio. Si cerca quale sarà il valor del bosco nello stato attuale adoprando nel calcolo l'interesse a merito doppio e lo sconto doppio, il primo in regola di lir. 5 per ogni lir. 100, ed il secondo in ragione del 5 sopra 105 all'anno.

Soluzione.

Per risolvere il presente caso, che per altro si riduce al complesso di due do' già dati retro, si supponga primieramente che il bosco fosse stato venduto subito dopo che fu eseguito l'ultimo taglio. Per rinvenire il valore dello stesso bosco sotto quell'epoca, s'incominci a ricercare il di lui annuo reddito netto equivalente a quello di lir. 4800 ritraibile ogni nove anni, il che si ottiene in un modo simile a quello insegnato nel Caso decimonono; vale a dire nella tavola nona de' calcoli di sconto del 5 sopra 105 si assuma dalla colonna III il numero 44,0265643 in linea orizzontale col N. 9 esistente nella colonna I, ed indicante il periodo degli anni, sotto il quale si eseguisce il taglio del bosco; indi per l'assunto N. 44,0265643 si dividano lo lir. 4800, reddito netto novennale del bosco, ed il quoto di lir. 463. 4. 10 sarà il reddito annuo netto del bosco medesimo equivalente al suddetto novennale. Ciò premesso, si trovi il capitale corrispondente alle lir. 463. 4. 10 in ragione di lire 100 per ogni lire 5, ed il risultato di Milanese lire 3264. 46. 8 esprimerà il valore del bosco in quell'epoca in cui venne l'ultimo taglio effettuato.

Siccome poi il bosco attualmente si trova a *foglie quattro*, vale a dire sono passati quattro anni dal momento in cui fu eseguito l'ultimo taglio sino al presente, ed i frutti prodotti in questi quattro anni non vennero percepiti dal venditore, ma si accumularono, a favore del compratore; così egli è chiaro che quest'ultimo, ricevendo il bosco coi frutti suddetti accumulati, deve considerarsi come immesso in possesso del bosco medesimo sino dall'epoca in cui seguì l'ultimo taglio, senza che egli abbia in quell'epoca pagato il valore capitale del bosco, nè corrisposto al venditore in fine di ciascuno de' quattro anni successivi l'interesse annuo del detto capitale"valore, ossia quell'annuità eguale al sopra trovato reddito annuo netto dello stesso bosco. Quindi il compratore dovrà sborsare al venditore, oltre il ripetuto valore capitale di tal bosco, una somma equivalente alle

annuità non pagato in fine di ciascuno de' quattro anni coi relativi interessi, la quale somma si trova col seguente metodo eguale a quello tenuto nel Caso decimosettimo. Si prenda nella colonna III della sopra usata tavola nona il N. 4,3101250 in linea orizzontale al N. 4 (delle foglie del bosco) della I colonna quindi con questo N. 4,3101250 si moltiplichino le lir. 463. 4. 40 ed il prodotto di lir. 703. 44. 40 sarà la somma cercata, la quale aggiunta alle lir. 3264. 46. 8, valore del bosco all'epoca in cui venne fatto l'ultimo taglio, costituirà il valore attuale del bosco stesso a *foglie quattro*, il quale valore viene ad essere di Milanesi lir. 3968. 8. 6.

Osservazione.

Dalla soluzione ora esposta si vede che la somma di lir. 703. 44. 40, aggiunta al valore del bosco di lir. 3264. 46. 8 sotto l'epoca dell'ultimo eseguito taglio, deve essere ben diversa da quella che esprime il quanto si dovrebbe percepire attualmente, volendo vendere il reddito del primo taglio avvenire del bosco, cioè del taglio da farsi cinque anni dopo l'epoca attuale, essendo presentemente il bosco a *quattro foglie*. Per ottenere il quanto dovrebbe pagarsi attualmente dal compratore del solo reddito o taglio primo avvenire del bosco, adottando lo sconto annuo di lir. 5 sopra lir. 105, non si tratterà che di trovare quella somma, la quale unita ai suoi interessi composti di cinque anni, e regolati in ragione del 5 per cento all'anno, dia un risultato eguale al reddito netto del taglio maturo venduto; per cui si opererà come segue. Nella colonna II della ripetuta tavola nona si cercherà il numero 4,2762816 in linea orizzontale col N. 5 della colonna I, ed esprime il numero degli anni che mancano al compimento del novennio in corso; indi con questo numero si divideranno le lir. 1800, ed il quoto sarà la somma da pagarsi dal compratore del ripetuto primo taglio avvenire, la quale a calcoli eseguiti riesce di Milanesi lir. 4410. 6. 11.

AVVERTENZE GENERALI.

1. Nella risoluzione de' riferiti Casi pratici, e nella spiegazione relativa alle Tavole d'interesse e di sconto, non si è tenuta l'esatta distinzione fra i numeri astratti e concreti per non imbarazzare alcuni di quelli che conoscono la sola aritmetica pratica; ed altronde chi possiede l'aritmetica ragionata, facilmente può accorgersi della vera qualità de' numeri. Quelli poi che sono istruiti nell'algebra, esaminando le Formule date nei Problemi retro, e rendendo omogenei, ove occorre il caso, i termini d'ogni espressione colla sostituzione delle unità nella sua specie, rileveranno che qualità di numeri si hanno in qualunque risultato parziale.

2. Sembrerà che in ognuna delle soluzioni date ai suespressi Casi pratici, si dovesse prima esporre astrattamente la regola per la soluzione del Caso indi farne l'esempio analogo coi numeri; ma sebbene questo metodo sia il più diretto, e quello che si sarebbe dovuto seguire, non pertanto si è opinato di non adottarlo, perchè a molti, che non sono assuefatti alle regole generali, avrebbe recato confusione.

3. Nonostante che nell'esposizione e soluzione de' ripetuti Casi pratici, si abbia avuto per iscopo principale il maneggio delle Tavole d'interesse e sconto, si crede però che i medesimi Casi possano essere sufficienti anche per far comprendere che estesiss-

simo può essere l' uso delle stesse Tavole pei diversi Casi che possono succedere, particolarmente poi nelle professioni tanto di Ragioniere, che d' Ingegnere e d' Agrimensore, e segnatamente per questi ultimi ai quali ne' conti di parallelo, che occorrono nelle stime e ne' conteggi per la valutazione de' boschi e loro foglie, si presentano sempre Casi simili ai surriferiti. La stessa esposizione e risoluzione de' predetti Casi, sembra pure che possa servire di guida per far rilevare nell' atto pratico la somiglianza del Caso che si presenterà, coll' analogo di quelli risolti sopra; ed è appunto per togliere ogni confusione sulla valutazione de' boschi a date foglie, con quella del primo taglio maturo in avvenire del bosco medesimo ad egual numero di foglie, che si è fatto l' apposito Caso ventesimoquinto colla relativa osservazione.

CAPITOLO XXVIII.

DISSERTAZIONE SUI CANALI NAVIGABILI. (*)

I Canali navigabili sono alle nazioni mediterranee ciò ch'è alle nazioni marittime la scienza della Marina. L'arto ha con essi provveduto alle maggiori difficoltà, che la distanza de' luoghi estremi, e la natura degl'intermedii opponevano agli aiuti reciproci della società, e del commercio. Le grandi navigazioni, abbracciando tutto il Globo, si stendono agli oggetti maggiori dell'opulenza, e del lusso. Le navigazioni dei piccoli canali servono a tutti i minori comodi, in tutti i tempi, e per qualunque ordine di persone. Le prime nell'ardua loro esecuzione ci presentano agli occhi uno degli sforzi più arditi dello spirito umano. Le seconde non potendo essere molto difficili ad eseguirsi, ricercano molte volte tutta la finezza, e l'industria dell'arte per essere preparate. Le nazioni più floride si sono sempre occupate di queste imprese, e con esse hanno divisi gli studii, e l'ozio della pace.

I Chinesi, nazione singolare, che ci hanno prevenuti di molti secoli nell'invenzione della stampa, della polvere, e della busso-

(*) Riproduciamo la dissertazione sui Canali Navigabili di Paolo Frisi, quale sebbene scritta ottantadue anni indietro, può formare benissimo incentivo onde richiamare l'attenzione generale sulla condotta delle acque, mentre non dubitiamo di asserire che su questa importante branca di social benessere, molto rimane a farsi nelle regioni della media Italia

la, e che ci restano tuttavia tanto indietro nell'applicazione, e nell'uso, che hanno coltivato sempre l'astronomia, e la pittura senza mai farvi progresso alcuno, e che in vista degli studii maggiori impiegano ancora quasi tutta la vita nel meccanismo loro complicatissimo di leggere, e di scrivere, non hanno mai meritato tanto le prodighe lodi de' viaggiatori, quanto nella costruzione degli argini, ponti, e canali. Tra tutte le diramazioni d'acque, che servono alle ricchezze, ed ai comodi di un Impero così vasto e popolato, quella, che può emulare le glorie dell'architettura Europea, è il grandioso canale, che congiunge i due fiumi Kiam, e Hoambo, e che continua la navigazione per più di trecento leghe da Canton fino a Pekino.

I primi maestri delle scienze, gli artefici degli obelischi, gli antichi Egizii, che fecero tanto industriosamente servire le acque del Nilo alla fertilità delle loro campagne, ed alla comunicazione delle loro Città, pensarono ad un progetto, che poteva cangiar faccia all'Europa con avvicinarla alle Indie Orientali, e alla China. Incominciarono essi un canale, che dal golfo Arabico dovea portare fino alla Città di Menfi, e così continuare la navigazione del Nilo, e del mare Mediterraneo. Strabone, Diodoro, Erodoto ne parlano chiaramente, ed i viaggiatori ne trovano ancora qualche vestigio. I Califfi riscossero il genio sopito della nazione nell'Astronomia, nella Geografia, e nella Fisica: trattarono dell'unione dei due mari, ma non ne fecero avanzare i lavori.

Il genio guerriero, e conquistatore degli antichi Romani non gli lasciò occupare di simili imprese in proporzione dei loro lumi, e della loro grandezza. Il progetto di Giulio Cesare di tirare una fossa da Roma a Terracina, la comunicazione di varii fiumi proposta nei tempi di Nerone, e le altre idee di Traiano, delle quali ci parla Plinio, non ebbero esecuzione. Non era gran cosa la fossa, con cui Caio Mario provvedeva dal Rodano il suo campo, vicino ad Arles. Non abbiamo memorie del tempo, in cui fosse fatto il canale di Peterboruhg in Inghilterra. La Lombardia fu il teatro, su cui più si distinsero i Romani in questo genere di lavori. Il Mincio, che si univa col Tartaro, e coll'antica fossa Filistina, fu portato da Quinto Curio Ostilio a sboc-

care in Po. Emilio Scauro con alcune fosse navigabili asciugò le Paludi di Parma, e di Piacenza. Augusto fece comunicare con un'altra fossa i diversi rami del Po, e i porti di Adria, e di Ravenna.

Anche i secoli oscuri ci hanno lasciato qualche monumento di questo genere. Odoacre diede il suo nome a una fossa, che dal fiume Montone portava al mare direttamente, prima di arrivare a Ravenna. I Mori aprirono un canale assai più grandioso dalla Città di Granata al fiume Guadiana, ora Guadalquivir. Carlo Magno nella vastità delle sue spedizioni abbracciò ancora il progetto di unire il Meno, e il Reno col Danubio, e l'Oceano col Mar Nero: e fece anzi incominciare il canale, che dovea congiungere l'Almuts, uno degl' influenti del Danubio, col Reditz, che va poi a scaricarsi nel Meno. I due canali, che formano la comunicazione del Tesino coll'Adda, e che si uniscono insieme a Milano, sono l'opera più compita, e più illustre, che l'Architettura Idraulica abbia lasciato prima del risorgimento delle Arti, e delle Scienze.

Il Tesino esce dal Lago Verbano, oggi detto Maggiore, e variamente serpeggiando, e diramandosi in un'ampia valle, e poi tornando ad unir le sue acque in un'alveo solo, entra nel Po non molto lontano da Pavia. La navigazione vi è libera dappertutto, quantunque riesca molto difficile in alcuni luoghi, e massime al passo precipitoso, che volgarmente chiamasi del Pan perduto. Inferiormente a quel passo è derivato dal Tesino il canale del Naviglio, che arriva fino a Milano, e che nel luogo di Abbiate diramasi in un altro Naviglio, detto di Bereguardo, e torna verso il Tesino. Tutta la lunghezza del cavo è di circa trentadue miglia d'Italia: e la larghezza all'imboccatura è di 70 braccia di Milano, che si va poi restringendo gradatamente nelle parti inferiori, fino alla larghezza di braccia 25. Il braccio di Milano è al piede di Parigi prossimamente come 44 a 6.

L'Adda uscendo dal Lago Lario, oggi detto di Como, forma coll'espansione delle sue acque prima il lago di Lecco, e poi il piccolo lago di Olginate: e poco sotto ha una caduta precipitosa, volgarmente chiamata Ravia, passo il più pericoloso, e

difficile per la navigazione. Mancando in seguito la caduta si sostengono le acque con una chiusa nella larghezza di 425 braccia, e formano il laghetto artificiale detto di Brivio. In distanza di circa dodici miglia dal lago di Como è talmente ristretto, tortuoso, e ripido il letto di tutto il fiume, che non è più navigabile in maniera alcuna per cinque, o sei altre miglia fino al castello di Trezzo. Ivi si deriva dall'Adda un altro canale navigabile, che dalla provincia, per cui passa, è denominato il Naviglio della Martesana. La lunghezza del canale è di miglia ventiquattro, e la larghezza ragguagliata di circa braccia 48. Nel luogo di Cassano si deriva pure dall'Adda il secondo canale della Muzza, che colle tante sue diramazioni bagna, e arricchisce tutte le pianure del Lodigiano.

Per quanto dice il Sigonio nel libro decimoquarto del regno d'Italia all'anno 4479, pare che il tronco superiore del primo Naviglio, dal Tesino al luogo di Abbiate, fosse già fatto più anticamente dai Pavesi per irrigare le vicine loro campagne. Secondo il Corio la continuazione dello stesso cavo da Abbiate fino a Milano fu principciata nel 4477, quindici anni dopo la demolizione, o come volgarmente credesi, la distruzione della Città, fatta da Federigo Enobardo. Essendo assai chiara la testimonianza del Corio, il primo tra tutti gli Storici Milanesi, pare che quanto leggesi nella Cronica del Boffi all'anno 4257, e quanto poi dice il Giovio dei tempi di Martino Torriano, e ciò ancora che aggiunge il Corio medesimo all'anno 4272 delle disposizioni prese sotto Nappo Torriano, e Ottone Visconti per escavare la bocca del Naviglio, e per condurlo comodamente in città, pare, dico, che abbia ad intendersi non del principio, ma della continuazione, e del compimento di tutta l'opera.

È un errore di quasi tutti gli Scrittori massime Oltremontani, che il Naviglio della Martesana sia opera di Leonardo da Vinci, e sia del tempo di Lodovico XII, e Francesco Primo. Quel Naviglio fu fatto nel 4460 sotto il Duca Francesco Sforza, come ci attesta Pietro Candido Decembrio da Vigevano, Autore contemporaneo, e come si può vedere nel Tomo ventesimo degli Scrittori delle cose Italiane alla colonna 4046. L'immortale Leonardo non fece che unire insieme i due Navigli sul fine,

dello stesso secolo. Nella prima costruzione il Naviglio della Martesana era più scarso d'acque, e non serviva alla navigazione che per due soli giorni la settimana, quando si tenevano chiuse le bocche d'irrigazione. Nell'anno 1573, sotto il governo del Duca di Albuquerque, vi fu accresciuto il corpo d'acqua, e fu ridotto tutto il canale alla forma presente, come si può vedere nella Relazione stampata dal Settala.

Io non getto mai gli occhi sopra questi Navigli senza un intimo sentimento di stima verso quegl' illustri Architetti, che vi seppero vincere tante difficoltà. Tutti e due hanno avuto bisogno all'imboccatura di grandiosi lavori, che obbligassero le acque ad entrarvi costantemente, ed hanno in seguito abbisognato di molti emissarii, che scaricassero le acque sovrabbondanti nelle piene del Tesino, e dell'Adda, e di alcuni torrentelli, che vi entrano a foce aperta. Il primo Naviglio è sostenuto per lo spazio di due miglia con un argine di pietra, e per molte altre miglia s'è dovuto scavare in una costa molto alta. Il secondo s'è dovuto condurre per cinque miglia sopra una costa, tagliata in diversi luoghi nel sasso, e s'è dovuto sostenere sulla sinistra con un argine di pietra, e di terra, fino all'altezza di 40, e più braccia sopra il fondo dell'Adda, che scorre a lato con una caduta precipitosa. È convenuto inoltre farlo passare sopra il torrente Molgora con un ponte di tre volte di pietra, e lasciarlo attraversare dal fiume Lambro, ch'entra, e sorte dal Naviglio con tutte le sue piene.

Ma per quanto utili e grandi siano state queste opere sino dal loro principio, la navigazione però è restata molto imperfetta sino all'invenzione dei sostegni, che noi volgarmente chiamiamo conche, e che i Francesi chiamano *Sas*. Gli antichi aveano la maniera di moderare la soverchia pendenza de' fiumi e di mantenervi la necessaria quantità d'acqua per mezzo di certe chiuse, che si potevano poi riaprire nel caso di lasciarvi passar le barche. Il Belidor ce ne ha data la descrizione nel Capo terzo del Libro quarto della sua Architettura Idraulica. Pare che fossero dello stesso genere le due chiuse fatte a Governolo negli anni 1498, e 1394, per sostenere dalla parte di Mantova le acque del Mincio. I Chinesi facendo comunicare in-

sieme dei fiumi di livello assai differente, ne sostengono i letti con delle robuste chiuse, e vi formano delle grandi cascate d'acqua, e sono poi abbastanza provvisti di macchine per tirarvi sopra le barche.

Le chiuse dei Chinesi rendono la navigazione troppo difficile, e incomoda : e quelle dei nostri antichi non possono bastare nei luoghi di maggiore caduta, e quando si tratti di portare le barche da un canale in un altro di molto maggiore elevazione. Il raddoppiamento delle porte, e il meccanismo di alzare, o di abbassare nel loro circondario il livello dell'acqua, è stata l'epoca dell'ultima perfezione, a cui si è portata in Europa l'arte di navigare i fiumi, e i canali. Poichè aprendo le porte inferiori, e facendo entrare le barche tra le inferiori, e le superiori, e poi chiudendo quelle, e riaprendo gli scaricatori, e gli uscioli di queste, si fa alzare gradatamente il livello dell'acqua, sino a potere aprire le porte superiori, e passare nel canale, ch'è più elevato. Colla stessa facilità, maneggiando le porte al contrario, si può ritornare nel canale più basso : e così l'acqua nel circondario si riduce come si vuole al livello dei due canali. La differenza delle altezze massima, e minima si chiama la caduta del sostegno.

I sostegni furono ideati, e messi in opera per la prima volta sulla Brenta vicino a Padova, l'anno 1484, da due Ingegneri di Viterbo, la memoria dei quali ci è conservata dal Zendrini nel Capitolo duodecimo della sua Opera sopra le acque correnti. Leonardo da Vinci approfittò subito di questa grande invenzione per unire insieme i due canali di Milano, e colla fabbrica di sei sostegni, di circa diciassette piedi di caduta fra tutti, rese libera, e facile la navigazione dall'uno all'altro. Tutta l'opera fu terminata nel 1497 sotto Lodovico il Moro, come costa dall'iscrizione posta di fianco all'ultimo sostegno, in cui leggiamo : *Cataractam in clivio extructam ut per inaequale solum ad urbis commoditatem ultro citroque naves comearent . . . anno 1497.* L'invenzione dei sostegni ha pure fatto continuare la navigazione dei Navigli di Bologna, di Modena, e di tanti altri canali d'Italia : e sopra tutto nello Stato Veneto ha dato luogo al sistema di una generale, e benissimo intesa navigazione.

I primi sostegni, che siansi fabbricati in Francia, sono quelli del canale di Briara. Esso fu incominciato nei tempi di Enrico Quarto e del Duca Sully, e fu finito nei tempi di Lodovico XIII, e del Cardinale di Richelieu. La lunghezza del canale era di undici leghe di Francia, e portava dalla Loire nella Loing, uno degl' influenti della Senna. Nel regno di Lodovico XIV fu tirato un altro canale dalla Loira vicino ad Orleans, sino ad incontrare il primo canale di Briara vicino a Montargis. E perchè la Loing in tempo di estate è troppo scarsa d'acque per una comoda navigazione nella minorità di Lodovico XV fu preso il partito di costeggiarla con un altro canale, che è propriamente una continuazione dell' antico canale di Briara, fino in vicinanza alla Senna. In tutto quel canale si trovano 42 sostegni, e 20 nell' altro di Orleans. Nel regno di Lodovico XV, e sotto agli occhi del celebre Belidor, fu fatto ancora il canale di Piccardia, per cui la Somme si unisce all' Orse, che si getta poi nella Senna cinque miglia lontano da Parigi.

L' Arte non si è mai tanto raffinata quanto nel famoso canale, che in Linguadoca forma la comunicazione del mare Mediterraneo colla Garonna, e coll' Oceano. Le barche in undici giorni vi possono passare da un mare all' altro, attraversando valli, e montagne, e salendo fino all' altezza di seicento piedi sopra il livello dei due Mari. I porti di Bordeaux, e di Marsilia declinano così il giro di più di ottocento leghe per comunicare insieme tra loro. Quella grand' opera, progettata sotto tre altri Re, fu poi condotta a termine nel regno di Lodovico XIV, col lavoro di anni quattordici, e colla spesa di undici milioni di franchi, oltre la spesa di altri due, che importò il risarcimento del porto di Cette. Andreosi fu quello, che ne diede l' idea, e Riquet ne diresse quasi tutta l' esecuzione, e vi incominciò a metter mano nel 1666.

Il canale principia da un lago di circa quattro miglia di giro, e di ottanta piedi di profondità, che raccogliendo le acque del Monte Nero, le fa passare a Maurosa in una gran vasca lunga 200 tese e larga 150. Di là si distribuiscono le acque alla dritta fino ad incontrare la Garonna presso Tolosa, e alla sinistra fino al lago di Thau, che arriva vicino al porto di Cet-

te. La larghezza del canale è di piedi 30, e tutta la lunghezza è di tese 425680, che fanno leghe $50 \frac{1}{2}$ di Francia. Per quasi la sesta parte, il canale è tirato sulle montagne scavate profondamente, e al luogo detto il Malpasso attraversa la roccia, scavata a forma di volta, per la lunghezza di ottanta tese, con quattro di larghezza, e quattro e mezzo di altezza. Vi sono cento grandi sostegni, e moltissimi ponti, e acquedotti. Vi si sono anche intrecciati lateralmente alcuni altri canali secondarii, che rendono più esteso, e più facile il commercio interno delle provincie meridionali della Francia.

La perfezione del canale si deve al Maresciallo di Vauban : uomo, che rese utili al suo paese le idee sino a' suoi tempi sterilmente sparse nei libri degli Autori Italiani, e che fù egualmente grande negli studii della guerra, e della pace. Nella prima costruzione del cavo avea mancato essenzialmente il Riquet lasciandovi entrare varii torrenti, e non prendendo alcuna precauzione per le materie, che i torrenti, e le acque piovane avrebbero staccato dal dorso delle montagne. Nel termine di venti anni s'è interrata in gran parte la vasca di Naurosa, e il canale. Il Maresciallo di Vauban evitò con un nuovo canale di far passare le barche in quella vasca. Poi con sei ponti-canali, e con trentanove botte sotterranee deviò dal canale tutti gl'influenti, che vi avrebbero portato materie grosse. E finalmente vi aprì dappertutto le chiaviche opportune per asciugare il canale tutte le volte, che fosse abbisognato di ripararlo. L'esempio è troppo luminoso per non essere imitato negli altri casi consimili.

L'unione fatta dal Czar Pietro, dei mari Baltico e Caspio, se non ha emulato il canale di Linguadoca nella finezza del lavoro, lo ha certamente avanzato nell'estensione della navigazione. Tutta l'opera adesso è finita, e il Maresciallo di Munich ebbe la gloria di avervi dato l'ultima mano. Le navi del mar Caspio rimontano il fiume Volga per lunghissimo tratto sopra Casan, e poi passano nella Tuertza, ch'è uno degl'influenti. Di là incomincia il canale, che porta nel fiume Sna, per cui si discende prima nel Mesta, indi nel Volkova, e in seguito nel canale lungo il Lago Ladoga, e finalmente nella Neva sino a Pie-

troburgo, ed al Baltico. Si è fatto pure comunicare con un altro canale il Volga col fiume Don, e col mar Nero. In Pollonia s'è aperta un'altra comunicazione del Baltico col mar Nero per mezzo del canale, che unisce la Vistola col Boristene.

L'unione dell'Oder, e della Spree è opera di Federigo Guglielmo, soprannominato il Grande Elettore. Il più antico canale delle Fiandre è quello, che da Bruxelles porta fino alla Schelda, ed è del principio del secolo passato. Il canale, per cui la Mosa comunica col Reno, fu cominciato nel 1626, e sarà sempre memorabile nelle Storie, per la maniera con cui il Marchese Spinola ne difese l'esecuzione. Il canale di Gand, e di Ostenda è lavoro del secolo presente. I fiumi dei Paesi Bassi non portando materie grosse, e non avendo molta pendenza, nè correndo in piani di livello assai differente, si possono più facilmente e navigare, e unire insieme, e diramare con molti altri canali navigabili. Ciò non ostante l'Olanda nella molteplicità de' suoi canali presenta agli occhi del Filosofo viaggiatore uno spettacolo interessante, e singolare.

Altri grandiosi progetti di questo genere tengono pure occupate presentemente le nazioni più colte, e più illuminate di Europa. In Francia si è proposto di unire la Senna all'Armançon, influente del fiume Yonne, e però di far comunicare insieme il Rodano colla Senna. Nelle Spagne alcuni Italiani hanno il merito di preparare la navigazione da Madrid fino ad Aranjuez. In Irlanda si va sempre protracendo più in sù nelle parti interiori del regno la navigazione del fiume Shannon. Nella Scozia dalla parte di Glaskow s'internano tanto i due mari di Levante, e Ponente, che lasciano un Istmo di poche leghe per passare da un seno all'altro. I fiumi, ch'entrano nel due seni, possono render più facile la costruzione di un canale navigabile, che risparmi il lungo, e pericoloso giro delle coste Settentrionali. Vi si sta travagliando attualmente.

In Inghilterra il Duca di Bridgewater ha lasciato in questi ultimi anni un monumento del genio, in quel canale che passa dalla Città di Liverpool a Warington, e che poi, forando per lungo tratto una montagna, s'interna fino nelle miniere del carbon fossile di Manchester. L'esempio non poteva essere sterile

nella Patria di Elisabetta, e del Newton. La nazione, che con una gloriosa guerra si è resa padrona dei mari lontani, ha poi pensato nella paco di far comunicare più facilmente tra loro i mari vicini. S'è incominciato dalle parti di Congleton un canale, che deve unire il fiume Mersey col Trent, e coll' Humber. S'è già superata la principale difficoltà del progetto, ch'era quella di aprire a forma di volta uno spazioso foro in una montagna per la lunghezza di circa un miglio e un terzo. E perchè niente mancasse alla comunicazione interna del regno, s'è ancora pensato di unire il fiume Trent colla Severn, che si getta nel canale di Bristol.

Un progetto ancor più grandioso tiene adesso occupata la nazione più colta del Nord. Lo stretto del Sund diviene sempre più difficile in proporzione che si protraggono le spiagge, e che si alza il fondo del Baltico. Una libera comunicazione del Baltico coll' Oceano per le parti interne della Svezia farebbe l'epoca del commercio ingrandito in quel florido regno. Interiormente s'incontrano i due vasti laghi Weter, e Wener. Dal primo si scende nel Baltico navigando il fiume Motala. Dal secondo esce a Wenesburgo il fiume Gotha, che a Gothenburgo si getta poi nell'Oceano. Se si potessero rendere comodamente navigabili quei due fiumi, e i due laghi si unissero con un canale navigabile, sarebbe poi facile di passare con un altro canale dal lago Wener nel lago Hielmer vicino ad Orebro : d'onde fu già aperto il passaggio a tempo di Carlo XI, nel lago Meler, che si stende fino a Stockolm. Una buona carta di Svezia farà subito riscontrare tutti quei luoghi.

La maggiore difficoltà del progetto si è quella di rendere navigabile il fiume Gotha, poco sotto a Wenersburgo, nel passo terribile, che chiamasi di Trollhetta. Ivi tutto il letto del fiume è tanto irregolare, e sparso, o piuttosto interrotto da grossi scogli, che dalla larghezza ordinaria di circa 600 piedi di Svezia, in tre differenti luoghi si restringe a poco più di piedi 400 : ed avendo una pendenza di fondo considerabile, le acque ripercosse, e serrate da ogni parte vi formano tre cascate assai grandi. La totale caduta è di 443 $\frac{1}{3}$ piedi di Svezia nella lunghezza di circa 7000 piedi. Il piede di Svezia contiene 40 pol-

lici, e linee $41 \frac{3}{4}$ di quello di Parigi. Lo spirito umano non si è lasciato sgomentare dalla furia, e dall'impeto di un tal fiume. Sino dai tempi più antichi si cercò la maniera di avere nel passo di Trollhetta una navigazione libera, comoda, e perenne.

Nel tempi di Gustavo Vasa, e di Enrico e Giovanni suoi figliuoli, non si fece altro che pensarci, e discorrerne variamente. Sotto il terzo de' suoi figliuoli Carlo IX s'incominciò a fare qualche cosa di più e si sgombrarono gl'impedimenti del fondo nel luogo, detto Carls-graf. Gustavo Adolfo, quasi sempre distratto fuori del regno, non ebbe tempo di occuparsi dello stesso progetto. La sua figlia Cristina se ne occupò moltissimo: ma credendo quel passo impraticabile, ne fece cercare un altro, che potesse riuscire d'una più facile navigazione. Carlo Gustavo s'impiegò tutto nelle guerre contro la Danimarca, e la Pollonia. Carlo XI, disperando di poter navigare il fiume Gotha, e trovando troppo dispendioso il cammino progettato nei tempi della Regina Cristina, ne fece cercare un terzo, che si trovò egualmente impraticabile. Carlo XII, accostumato a vincere tutti i maggiori ostacoli, chiamò nel 1716 il celebre Polheim, e poco dopo segnò con lui tutte le condizioni, collo quali nel termine di cinque anni si dovea rendere navigabile il passo di Trollhetta, e aprire un passaggio libero dal Baltico nell'Oceano. L'esecuzione accompagnava sempre gli ordini di quel Principe intraprendente, e deciso. Si ammassarono subito i materiali, e si fabbricò ancora la prima chiusa un mezzo miglio sopra Trollhetta. La morte del Re fece rivolgere altrove le viste, e l'attenzione del pubblico.

Dopo il 1751 fu ripigliato con differenti misure tutto il progetto. Si pensò allora di distribuire tutta la caduta di piedi $443 \frac{1}{3}$ in tre soli sostegni, il primo di 28, il secondo di 52, e il terzo di $33 \frac{1}{3}$ piedi d'altezza. Si doveano essi fabbricare di fianco alle tre cascate, e la larghezza di ciascuno dovea essere di 48 piedi, nella lunghezza di 72. Il lavoro riuscì assai bene finchè si venne ad attraversare con una pescaia il seno dell'ultima cascata per farvi stagnar l'acqua al disopra. L'impeto, con cui tutto il fiume vi si precipita, avea impedito di ben

riconoscervi il fondo. Dalla natura delle montagne vicine erasi congetturato che il fondo fosse di roccia : e si era inoltre supposto, che vi potessero essere al più dieci piedi d'acqua. Si sbagliò e nell'una, e nell'altra supposizione. La profondità dell'acqua era almeno di 20, o 25 piedi, ed il fondo era composto di pietre grosse, e staccate, che resero inutili tutti gli sforzi dell'arte per assodarle. I cassoni di pietre, quantunque legati insieme con ferri di quattro pollici di grossezza, e attaccati con grossi pali ai due fianchi delle montagne, furono sciolti, e dispersi dall'impeto della corrente, e così fu rovesciato tutto il lavoro.

La somma di 25000 zecchini annualmente assegnati dall'ultima Dieta a questa grande intrapresa, l'hanno fatta ripigliare con tutti i fondamenti d'un miglior esito. S'è ora abbracciato il partito di declinare tutto il passo pericoloso con un ramo perenne d'acqua, che esca, e rientri nel fiume Gotha. La lunghezza del canale dev'essere di piedi 8240 all'incirca, e la caduta totale di piedi $113 \frac{1}{3}$ vi si deve distribuire negli ultimi 3000 piedi, con sette sostegni di 36 piedi di larghezza nella lunghezza di 200. Il primo sostegno dev'essere alto piedi $17 \frac{1}{3}$, e gli altri 16: il primo isolato, e i quattro susseguenti contigui, come pure gli ultimi due. Tra il quinto, e sesto sostegno sarà difeso il canale con un buon argine da tutte le escrescenze del fiume. Vi sarà pure un ampio scaricatore quasi di mezzo tra il primo sostegno, e l'imboccatura : ed all'imboccatura vi saranno due porte per asciugare il canale quando facesse di bisogno. Fù impreso a sostenerlo in un marazzo per più di 800 piedi, ed a scavarlo nella roccia in quattro differenti luoghi, in tutto per poco meno di piedi 2000.

Dopo che il Re Francesco nel 1516 donò alla Città di Milano cinque mila ducati d'oro per la costruzione di qualche Naviglio, vi si agitò un altro progetto, che avea qualche analogia col canale di Trollhetta. Il Naviglio, che si deriva dal Tesino, continua la navigazione col tronco superiore, e inferiore di quel fiume, sino al lago Maggiore da una parte, e dall'altra sino al Po, e sino al mare come si è detto a pag. 292. Ma il Naviglio della Martesana tieno ad un tronco d'Adda così ripido di fon-

do, e irregolare per poco più di sei miglia, che non vi si può rimontare fino all'altro superior tronco del fiume, e fino al lago di Brivio, dove l'Adda ritorna ad essere navigabile fino a lago di Como, come si è detto a pag. 292 e seg. La natura di un grosso fiume che scorre irregolarmente, e con declive assai grande tra le montagne, non arrivò a sgomentare il coraggio degli antichi Architetti. Il Pagnani in un suo libretto ci ha lasciato tutto il dettaglio del progetto, che nel 1549 e dopo una pubblica visita fu concertato tra i due Ingegneri Massaglia, e Della Valle.

E in primo luogo non fecero essi difficoltà alcuna di levare certi gran massi, che interrompono la navigazione dell'Adda nei contorni del castello di Trezzo. Nel qual caso però, e in altri casi consimili bisognerebbe avere l'importante avvertenza di levare unicamente quel tanto, che può impedire la navigazione, senza sgombrare maggiormente l'alveo, e rendere il corso del fiume libero più del bisogno. Mentre generalmente le scogliere, ed i sassi, che interrompono il corso dei fiumi fanno come le veci di tante pescaie naturali, rallentando il corso delle acque, e tenendo indietro le ghiaie, e le altre materie più grosse. Sgombrato l'alveo d'ogni imbarazzo, e resa così maggiore la forza, o l'impeto del fiume, deve farsi maggiore la quantità delle ghiaie, che si trasporta nelle parti inferiori. Ho spiegato abbastanza in altro mio lavoro, questi principii e gli ho inoltre illustrati coll'esempio delle variazioni seguite in questo secolo nell'Arno, e nel Reno. La gelosia, con cui devono riguardarsi i canali inferiori d'irrigazione, giustificherà sempre tutte le cautele suggerite per impedire il maggior precipizio delle ghiaie, che l'Adda porta già in tanta copia nelle sue piene.

Tolti gl'impedimenti delle scogliere, si potrebbe rimontar l'Adda per cinque miglia al disopra dell'imboccatura del Naviglio della Martesana. E così tutta la difficoltà principale di continuare da quella parte la navigazione sino al lago di Como si ridurrebbe al solo tratto più critico di braccia 4280, che s'incontra superiormente. Ivi tutto l'alveo del fiume è tanto irregolare, rapido, e sparso di grossi scogli, che non vi si potrebbe

passare senza pericolo. Secondo le antiche livellazioni, che abbiamo, in tutto quel tratto di 4280 braccia di Milano, che fanno circa 8577 piedi di Svezia, la caduta totale è di braccia 46, che fanno piedi di Svezia $92 \frac{1}{3}$. Qui adunque la difficoltà principale è di poter distribuire $92 \frac{1}{3}$ piedi di altezza nella lunghezza di 8577, come nel canale di Svezia, e nel già descritto passo di Trollhetta, si tratta di distribuire $413 \frac{1}{3}$ in 8240 piedi.

Quei primi Ingegneri disperando di navigare con qualunque aiuto dell' arte dentro l' alveo del fiume, in un passo di tal natura, proposero di derivarvi un ramo perenne d'acqua, scavando nella piccola valle, che resta contigua all'Adda sulla dritta, e che chiamasi della Rocchetta, un canale di braccia 48, e obbligando l'acqua ad entrarvi con una robusta chiusa di sette braccia d'altezza, intestata ai tre scogli, che portano il nome di tre corni. Il piano della valle della Rocchetta è disposto in maniera, che per le prime braccia 3220, scendendo all'inghiù, tutto il canale resterebbe incassato fra terra. Nelle altre braccia 4060 il piano del terreno resta più basso raggugliatamente di braccia 48, ed ha poi la discesa di altre braccia 28 per passare fino al fondo dell'Adda. Il Massaglia, e Della Vallo proposero di mettere quattro conche di braccia $4 \frac{1}{2}$ ciascuna per togliere la caduta dei primi due piani, e per non aver bisogno di arginare il canale in tutto il tratto delle ultime braccia 4060: e proposero inoltre di scendere nell'Adda con altro sei conche di uguale altezza.

L'Ingegnere Meda sul fine del secolo decimo sesto, quando trattavasi di mettere la mano all'opera, volle sostituire alle dieci, due sole conche, l'una di 30, e l'altra di 45 braccia in circa di altezza. Onde quì successe il contrario di ciò che si è progettato nel canale di Svezia, dove essendosi cominciato dal formare le conche più alte, si prese poscia il partito di più tosto moltiplicarle e così diminuirle di altezza. I muri delle due conche dell'Adda; furono poi fabbricati pochi anni dopo coll'assistenza dell'Ingenere Barca. Fu pure fatto lo scavo nella maniera, che trovasi presentemente: e secondo alcune carte, che ho visto, fu fatta ancora la chiusa attraverso al letto del

fiume. Non ho trovato memoria alcuna dell' accidente, per cui sia rovinata la chiusa, e restato inutile il cavo. Ma dopo di avere riconosciuto il luogo da me medesimo, mi sono immaginato cosa probabilmente possa esservi accaduto.

Il terreno di que' contorni è un composto di ghiaia, arena, e terra. Sotto il piano delle campagne circonvicine, e sulle coste dei monti, tra i quali scorre incassata l'Adda, non è più così sciolto il terreno, e incomincia ad avervi qualche consistenza; e poi nel letto del fiume forma una specie di tufo, di durezza non molto grande, e disuguale, che volgarmente chiamasi morogna. Essendo da principio assai ristretta la valle della Rocchetta, non è stato possibile di allontanare il cavo dall'Adda per più centinaia di braccia sotto all' incile: e dovendo tenersi il cavo prossimamente orizzontale per la comodità della navigazione, è convenuto ancora tenerlo gradatamente sempre più alto sopra il fondo assai declivo dell'Adda contigua. Ciò posto, ogni fenditura che siasi casualmente aperta nella ripa sinistra, o nel fondo del canale dovea ben presto allargarsi dall' impeto delle acque, che aveano di fianco una caduta precipitosa nel fiume. Però io credo che appunto in questa maniera si sia formata la profonda e spaziosa buca, che trovasi poco sotto all' imboccatura del cavo: onde versandosi le acque nell'Adda sia convenuto di prevenire gl'inconvenienti delle piene con demolire la chiusa, e rimettere il fiume nel primiero suo stato.

Ho avuto sotto agli occhi miei proprii un accidente simile alcuni anni fa nel Naviglio di Bologna. S'erano le acque, aperto il passaggio attraverso del duro tufo, in cui è scavato l' incile del Naviglio, poco sotto alla chiusa di Casalecchio. Onde avendo le acque medesime una caduta assai grande sopra il fondo del Reno contiguo, in poco tempo allargarono moltissimo la rottura, ed avrebbero fatto perdero la navigazione, se non si fosse subito con molta spesa, e con un doppio muro di pietre, e di pozzolana, riparato tutto il disordine. E però nel caso proposto, e in tutti gli altri casi consimili, di dover preparare uno scavo orizzontale in un terreno poco consistente, e di fianco ad un fiume di molta pendenza, la sicurezza dell'im-

presa ricercerebbe, che la sponda contigua del canale fosse continuamente sostenuta con un robusto argine di pietra : appunto come fu fatto nei primi tronchi dei due altri Navigli di Milano.

Il Pagnani nel libretto citato ci ha inoltre lasciato la memoria delle livellazioni, e delle altre perizie fatte dagli antichi logegneri per vedere se in Lombardia vi fossero da proporre degli altri canali navigabili, e sopra tutto se fosse possibile di unire il lago di Como coi laghi circonvicini. E in primo luogo trovarono essi, che il pelo del lago di Como è 48 braccia più basso del pelo del lago di Civate, 62 di quello di Pusiano, e circa 400 di quello del lago di Lugano. Di più i due laghi di Como, e di Lugano, dove si accostano più da vicino, verso il luogo di Porlezza restano divisi da una costa molto alta di miglia sei, che renderebbe troppo ardua l'impresa di aprirvi un canale navigabile, ancora indipendentemente dalla grande diversità dei livelli. La carta generale della Lombardia farà subito riscontrare tutti quei luoghi, senza che vi sia quel bisogno di aggiugnere delle altre mappe particolari.

Gi' Ingegneri medesini trovarono impraticabile il progetto di tirare un naviglio dal lago di Lugano per la valle del fiume Olona fino a Milano. Ma sarebbe bensì possibile di rendere navigabile l'Olona disotto al luogo di Tredate, quando nell'ultimo tronco si volesse sostener l'acqua colie conche opportune, e i mulini superiori fossero disposti in maniera da non interrompere l'alveo del fiume. Nel progetto di navigare la Tresa, ch'è l'emissario dal lago di Lugano nel lago Maggiore, trovarono quegli Ingegneri la difficoltà della scarsezza d'acqua, e della soverchia caduta della Tresa: al che si potrebbe anche aggiugnere che vi cadono dentro varii torrentelli, e vi portano dei sassi, e delle ghiaie. Ma è cosa ben singolare che non abbiano essi pensato ad un altro progetto, che sarebbe di esecuzione assai facile, e di grandissimo comodo, e utilità, di rendere navigabile la Boza, ch'è l'emissario, per cui il piccolo lago di Varese comunica col lago Maggiore.

È molto più antico il progetto di tirare un canale navigabile da Milano a Pavia. Sarebbe questa la strada più breve di

unire i due Navigli di Milano col Tesino, col Po, e col mare. Galeazzo Visconti, Padre di Azzone, ne fece incominciare lo scavo. Furono poi anche piantati i muri di un grandioso sostegno nella maniera che vedesi presentemente. Nel 1564 si trattò lungamente di terminare tutto il lavoro, e si credette che non potesse riuscire d'una spesa eccessiva, e che volendo dare ai sostegni l'altezza ordinaria non ve ne abbisognasse un gran numero. Poi se ne depose il pensiero, per la ragione principalmente, che il Naviglio di Bereguardo, quantunque non arrivi al Tesino, serva bastantemente al commercio delle due Città di Milano, e di Pavia. Il Pagnani nello stesso libretto fece menzione di alcuni altri progetti dello stesso genere, che qui non occorre di riferire.

In Italia si trattò pure di un'altra grandiosa impresa di rendere navigabile il Tevere da Ponte nuovo sotto a Perugia sino allo sbocco della Nera, dove comincia la navigazione più libera sino al mare. I signori Bottari e Manfredi, nella bellissima relazione della visita da loro fatta sul fiume Tevere l'anno 1732, fissarono come un principio d'esperienza, che per navigare comodamente qualunque fiume, massime contr'acqua, non vi vuole una caduta maggiore di tre palmi romani per miglio: onde essendo la caduta del Tevere di otto, o nove palmi, credettero che malamente vi si potrebbero reggere le navi andando all'ingiù, e peggio ancora rimontando all'insù contro un corso sì rapido, principalmente in alcuni siti di maggiore pendenza, dove lo stesso fiume riuscirebbe sempre impraticabile. Inoltre rilevarono essi tutte le difficoltà, e i pericoli degli altri espedienti proposti, o di moderare la soverchia pendenza con alcune pescaie, o di levare a mano i sassi sciolti, e far saltare in aria colle mine gli scogli, che s'incontrano, o di mutare in alcuni luoghi, restringere, allargare correggere l'alveo del fiume.

Rifiutati così i progetti di navigare il Tevere dentro il proprio alveo, si esaminò in quella relazione se si potesse tirar fuori dal fiume un canale in larghezza, e profondità di acqua sufficiente per navi di mole mediocre, e di carico proporzionato. Ma dopo di avere considerato la qualità del terreno, per cui si dovrebbe condurre il nuovo canale, i frequenti passaggi. che

occorrerebbe di fare da una sponda all' altra del fiume, la quantità delle chiuse, e dei sostegni, che vi abbisognerebbero, e gli altri lavori necessari per assicurare la navigazione dagl'inconvenienti, massime delle piene, conchiusero gli Autori medesimi di reputare malagevolissima una tale impresa, e di consigliar piuttosto a deporne l' idea, che ad intraprenderla. Il modo di rendere navigabile il Tevere dentro Roma fu poi esaminato, e proposto dall' Ingegnere Chiesa nella Relazione stampata l' anno 1745.

Ma in quella prima Relazione Eustachio Manfredi ci lasciò scritte diverse cose, che possono servir di norma in tutti i casi consimili. Molti altri Autori trattavano ancora generalmente dei canali navigabili, e massime il Guglielmini nel Capitolo duodecimo sopra la natura dei fiumi, e il Belidor nel Libro quarto dell' Architettura Idraulica. Ciò che ha scritto il Belidor nei primi paragrafi del Capo settimo, e ciò che già abbiamo accennato a pag. 304, basta per dare i principali lumi intorno al meccanismo dell' attuale escavazione del canale. Per ridurre a' suoi principii la parte filosofica di tutta questa materia importantissima, parleremo gradatamente 1.^o della derivazione del canale, 2.^o della regolata quantità d' acqua, 3.^o dell' espurgazione del fondo, 4.^o della fabbrica dei sostegni, e 5.^o della distribuzione delle pendenze.

I canali navigabili, o si formano coll' unione delle acque sorgenti, e piovane, o si derivano da qualche fiume. Nel primo caso, ch' è quello di alcuni canali di Francia, bisogna fare diverse considerazioni sulla natura delle sorgenti, e sulla quantità dell' evaporazione, e delle piogge, perchè non manchi la necessaria quantità d' acqua. Nel secondo caso, ch' è quello di quasi tutti gli altri canali, fa di bisogno ordinariamente di qualche chiusa, o pescaia, che attraversi il letto del fiume, e che obblighi una porzione delle sue acque ad imboccare costantemente l' incile. I fiumi che, o non sono tanto abbondanti d' acque, o che hanno il letto troppo libero, e largo, o che possono rivolgere quà e là il filone per qualche nuova deposizione di ghiaie, che in tempo delle piene si lasci da una parte o dall' altra, abbisognano di qualche freno, perchè som-

ministrino sempre al canale l'acqua, che basta per la navigazione.

L'opera più grandiosa, che ho visto in questo genere, è la pescaia, con cui il Naviglio di Bologna si deriva dal Reno a Casalecchio. Anche il Naviglio della Martesana, e il canale della Muzza si derivano dall'Adda con altro grandiose chiuse. Ma il Naviglio grande di Milano incomincia senza l'aiuto delle solite pescaie, e va col suo fondo a spianarsi sul fondo istesso del Tesino. Quei primi Ingegneri non volendo interrompere con una chiusa la navigazione libera del fiume, trovarono la maniera di cavarne un ramo perenne d'acqua con un altro genere di lavori: un fiume così rapido, e grande, e irregolare, come il Tesino, che negli altri luoghi superiori, e inferiori cangia spesso volte di letto, come sogliono far tutti i fiumi, che corrono in ghiaia, si mantiene incassato fra i suoi ripari, senza che manchi d'imboccare il Naviglio coll'ordinaria quantità d'acqua. Io ho avuto occasione di ritrovarmi varie volte in quel luogo ne' tempi delle massime piene, e mi ha fatto meraviglia il vedere con quale impeto, e furia slano que' lavori investiti dalla corrente.

Il così detto sperone, che difende, e assicura l'angolo della derivazione delle acque del Naviglio dal Tesino, ha sofferto anticamente grandissime mutazioni. Il Tesino qualche volta è entrato nel cavo con tutte le sue piene, e qualche volta lasciandovi delle grosse deposizioni di ghiaie vi ha fatto mancare la navigazione. Finalmente nell'anno 1585, dopo una gran piena seguita ai sette Agosto, scarseggiando di vettovaglie la Città, col parere de' famosi Ingegneri Bassi, Pellegrini, e Meda, si è risarcito, e prolungato lo sperone fino alla forma presente, e si è munita superiormente la sponda diritta, e sinistra del Tesino nella maniera, che oggi si osserva, e che non occorre qui di descrivere. E quantunque il timore che il Tesino non si allontanasse troppo dal cavo abbia fatto altre volte pensare all'ardua impresa di raddrizzare, e cambiare il letto del fiume, l'esperienza delle cose passate basta ad assicurarci che i lavori presenti possono ancora servire lungamente per l'avvenire.

Ma negli altri casi ordinarii di derivare un ramo perenne

d'acqua per continuarvi la navigazione, cho appunto non è praticabile dentro l'alveo d'un fiume, bisognerà incominciare dal lavoro delle pescaie. Le regole generali di fabbricarle sono state ottimamente accennate dal Sig. Bacialli in una dissertazione stampata nel tomo quarto dell'Accademia di Bologna. Nel caso nostro è inoltre necessario di avvertire che l'altezza della pescaia, e dell'acqua derivata nel cavo, sia la minore che basti negli usi della navigazione. E ciò non solo per dare una minore altezza ai sostegni, ma per diminuire ancora il tormento che i sostegni, e le ripe, e la pescaia medesima soffrirebbe da un maggior corpo d'acqua. È questa un'avvertenza importante, ma non è la sola che basti perchè i canali navigabili non vengano soverchiati dall'acqua nel tempo delle massime piene.

Nel canale, che a Pisa forma la comunicazione del Serchio coll'Arno, e che si crede opera di Lorenzo degli Albizzi, ho visto con quali ordinghi di cateratte fortissime, e facilmente mobili si sia provveduto a Ripafratta perchè le piene del Serchio, quantunque siano assai grosse e sopravvengano in poche ore, non portino mai nel canale più acqua del bisogno. Ed era qui necessario tutto quel meccanismo, perchè il canale cammina per lungo tratto incassato, anzi sepolto fra terra, senza avere alcun emissario. In un canale che portasse un maggior corpo d'acqua, o che dovesse continuarsi quasi nella direzione medesima del filone del fiume, come nel canale progettato nel tronco superiore dell'Adda, sarebbe inutile ogni lavoro, che si volesse opporre di fronte all'impeto delle piene. Onde il solo partito da prendere sarebbe quello di lasciar traboccare dalla sponda del canale nel fiume tutte le acque sovrabbondanti. E così appunto gli altri Navigli di Milano, avendo libera l'imboccatura, sono poi fiancheggiati per lungo tratto da un argine, per cui traboccano le acque, quando passano l'altezza ordinaria.

Ma ciò ancora non basterebbe per le acque, che fossero spinte più oltre dall'impeto, con cui entrano nel cavo, o che vi ricadessero dalle coste vicine, o vi fossero portate dagli altri influenti. È necessario in oltre di provvedere tutto il canale degli opportuni scaricatori. I Navigli nominati ne sono provvisti così bene, che tutto le piene del Tesino, e dell'Adda non vi

potrebbero mai cagionare incomodo alcuno, se si facessero sempre giuocare a tempo le cateratte, e si levassero tutti gl' intoppi delle inferiori diramazioni. Particolarmente nel Naviglio della Martesana, e sopra, e sotto, e dirimpetto allo sbocco del Lambro sono con tant' arte disposti diciannove scaricatori, che bastano non solamente per isfogare tutta una piena del Lambro, ma per levare ancora la metà in circa del Naviglio: acciocchè entrandovi poco sotto il torrente Seveso, la cui portata può valutarsi la metà in circa del Naviglio, non faccia che restituire il corpo d' acqua all' altezza ordinaria. Era pure destinato a tal fine l' antico scaricatore del luogo di Modrone, dove arriva il regurgito del Lambro, e dov' entra nel Naviglio il torrente detto la Molgoretta.

Le piene dell' Adda ordinariamente sopravvengono nell' estate per le nevi sciolte su i monti. Il Seveso, il Lambro, e la Molgoretta, che non hanno un corso sì lungo, o non s' internano tanto tra i monti, ordinariamente si gonfiano d' Estate per cagione dei temporali, e nell' Autunno per le piogge dirette. Per prevenire qualunque caso di piene contemporanee, e per supplire a qualunque difetto degli altri scaricatori, si è ottimamente provveduto che le acque sovrabbondanti, prima di entrare in Milano, per sei porte spaziose, e dalla sommità di un così detto travacatore, si vadano a scaricare nella fossa esteriore della Città, che chiamasi Redefosso. Le acque del Redefosso, dopo varie diramazioni, vanno poi a finire o nel Lambro, o nel canale detto della Vecchiabbia, ch' è il più grande scaricatore delle acque de' due Navigli uniti insieme dentro il recinto della Città. Il dettaglio delle medesime diramazioni non potrebbe interessar punto gli esteri, ed è abbastanza noto in Milano.

Abbiamo delle osservazioni assai precise intorno alla cagione dei ringorghi di alcune piene, che hanno per lo addietro incomodato qualche quartiere della Città. Poichè nell' anno 1764, colle sole ordinarie diligenze di regolare, e aprire a tempo gli scaricatori di Loncisa, di Vaprio, e del Lambro, non è seguita inondazione nessuna, quantunque nei mesi di Maggio, e Giugno vi siano stati quaranta continui giorni di pioggia, e si siano avute due grandi piene di Lambro, e Seveso col divario di al-

cuni giorni tra l'una, e l'altra. Lo stesso è succeduto in tutta la primavera, e nell'estate dell'anno susseguente: e nel mese di Novembre essendo uscite le acque del Redefosso nel quartiere di Porta Tosa, s'è ritrovato che non erano aperti gli scaricatori del Lambro, e con aprirli s'è fatta cessar la piena. Queste sperienze fanno abbastanza sentire che quel quartiere può essere difeso da tutte le inondazioni quando al primo apparire della piena si faccia l'uso opportuno delle cateratte. Le inondazioni dell'altro quartiere di Porta Romana nascono dagl'interramenti del cavo, per cui il Redefosso si scarica nella Vecchiabbia, e dagli altri intoppi, che si sono frapposti al suo corso, e cho non occorre quì di descrivere.

Avendo così provveduto i primi Ingegneri al caso di qualsivoglia escrescenza d'acque, pensarono ancora a tenere espurgate dalle deposizioni delle ghiale, e delle altre materie grosse i tronchi superiori dei due Navigli: ma per gl'interramenti del fondo nelle parti inferiori, e in tutto il recinto della Città, non lasciarono essi altro rimedio fuorchè l'attuale escavazione. La scienza dei fiumi, e dei canali navigabili sarebbe molto più semplice, se le acque fossero sempre limpide, e chiare. Le materie, che corrono frammischiate insieme colle acque, vi formano le principali difficoltà. Nel caso nostro si è pensato più volte se si potesse provvedere in qualche altra maniera a questa parte della civile pulizia, evitando l'insalubrità, e l'incomodo di espurgare di quando in quando tutto il canale. È stato ancora proposto di lasciare aperti tutti i sostegni nei giorni festivi, nei quali cessano i lavori de' mulini, e poi di sconvolgere il fondo co' rastrelli, acciò le acque scorrendo velocemente nello scaricatore della Vecchiabbia, vi portassero tutte le loro torbide. Lo sconvolgimento del fondo non sarebbe così facilmente praticabile. Il ripiego più facile di lasciare aperti i sostegni forse non basterebbe per risparmiare gl'inconvenienti della manuale espurgazione.

I primi due sostegni, cho incontransi scendendo dal Naviglio della Martesana in Città, sono distinti 500 braccia l'uno dall'altro. L'ultimo sostegno è distante più di 4500 braccia dallo scaricatore della Vecchiabbia: e inferiormente allo stesso

scaricatore rimane ancora un altro ramo di Naviglio di braccia 3756 senza sostegno alcuno. Così quantunque lo scaricatore, e i sostegni abbiano la caduta ciascuno di qualche braccio, e la caduta totale sia molto considerabile da un capo all'altro della fossa inferiore della Città; non è però distribuita uniformemente la caduta totale, e la fossa inferiore per lunghissimi tratti non ne partecipa in modo alcuno. Fatta adunque che fosse l'espurgazione di tutto il cavo, e lasciato il corso libero all'acqua, dovrebb'esso rallentarsi tra il primo, e secondo sostegno e tra l'ultimo sostegno, e il canale della Vecchiabbia: e con ciò vi si ammucchierebbero le materie trasportate dai luoghi di maggiore caduta, e le acque formandosi un nuovo intoppo, perderebbero successivamente la forza di continuare a spingere le altre materie più avanti. Onde in questa maniera non potendosi evitare il bisogno della manuale escavazione sarebbe forse un minimo partito quello di renderla molto più comoda, e facile coll'uso continuo di qualcuno di quegli stromenti, che bastano a conservare profondi o liberi tanti porti, e canali della Francia, e dell'Italia.

Nei tronchi superiori dei due Navigli, dov'entrano insieme colle acque, e sassi, e ghiaie in gran copia, s'è abbastanza provvisto all'espurgazione del fondo cogli opportuni scaricatori fatti a forma di paraporto. Chiamansi paraporti le chiaviche fabbricate nella sponda di un canale dalla parte del fiume principale, in tal maniera, che le loro soglie restino notabilmente più basse del fondo del canale medesimo. Le acque che in questa sorte di fabbriche si lasciano di quando in quando precipitare nel fiume, acquistano una grandissima velocità, e accelerandosi quelle, che si precipitano, per la naturale adesione, e tenacità delle parti si accelerano ancora le altre, che seguono, e l'accelerazione si stende per qualche tratto all'in su: e così vengono a staccarsi dal fondo le materie più grosse, e l'escavazione si prolunga per qualche tratto al disopra dei paraporti. Con più fabbriche di tal natura, fatte operare a tempo, e disposte in maniera tale, che dove finisce l'azione di una, ivi incominci l'azione dell'altra susseguente, si obbliga a rientrare nel fiume, dentro il minore spazio possibile, la ghiara entrata nel canale.

Alcuni Autori hanno ancora pensato a vari ripieghi per impedire che la ghiaia non entrasse altrimenti nel canale. Eustachio Manfredi trattando, come si è detto, di derivare dal Tevere un ramo perenne d'acqua a Ponte nuovo sotto Perugia, propose di farvi una chiusa di otto palmi romani, che alzasse pure di otto palmi la superficie del fiume. Prescrisse in oltre che si tenesse la soglia dell'imboccatura del cavo cinque palmi romani sotto la superficie rialzata del fiume, per avere nel cavo la profondità sufficiente di cinque palmi d'acqua, e perchè gli altri tre palmi d'eccesso servissero per assicurarsi che nel canale non entrasse breccia di sorte alcuna. Di più pensò egli al modo di fare che il fondo del fiume non venisse ad alzarsi sopra la chiusa: e credette che ciò si potesse facilmente ottenere, praticando tavoloni, fascine, ed altri simili ripari amovibili nel tempo delle piene. E finalmente in tutto il dettaglio del progetto ebbe tutte le avvertenze il Manfredi per deviare gl'influenti, che avessero a portar ghiaia nel canale: come ancora insegnò il Guglielmini nel capitolo duodecimo sopra le acque correnti.

Il Belidor nel capitolo settimo del libro sopraccitato suggerì di ricevere le acque in qualche gran vasca, in cui potessero depositare le ghiaie, e le altre materie grosse prima di entrare nel canale: il quale ripiego quantunque siasi praticato nel famoso canale di Linguadoca, porta sempre però con se un'altra opera di grande impegno, e non sarebbe mai applicabile al caso di derivare un ramo perenne d'acqua da un grosso fiume, che scorra tra le montagne, o che abbia ripe molto alte. Il ripiego poi del Manfredi dev'essere sempre inutile nei fiumi più rapidi di corso, e che portino una quantità grande di ghiaie, come il Reno, l'Adda, e il Tesino, mentre secondo alcune esperienze del P. Grandi, la gravità specifica della ghiaia nell'acqua, stà alla gravità specifica dell'acqua istessa prossimamente come cinque a tre. Questa piccola differenza di densità, e di peso specifico è facilmente compensata dall'impeto trasversale delle acque. E di quì nasce che le ghiaie anche più grosse tormentano spesso volte gli orli delle chiuse più alte, e traboccano nei tronchi inferiori. In questi casi adunque il ripiego proposto non

basterebbe perchè le ghiaie del fiume non fossero trasportate per lungo tratto nell'alveo del canale contiguo.

Il Sig. Bacialli nella dissertazione già nominata, a fine di prevenire l'interramento del cavo, propose di aprire nella grossezza della chiusa, inferiormente al fondo dell'incile, alcuni scaricatori, che in tempo delle piene lasciassero passare liberamente le ghiaie, e le tenessero sempre dentro l'alveo del fiume. Il ripiego è stato praticato con buon successo nella chiusa di Casalecchio, e serve principalmente ad asciugare senz'altre macchine il canale del Reno, tutte le volte, che occorre di doverlo espurgare. L'altezza di quella chiusa è di 26 piedi di Bologna. Ma in primo luogo sono pochi que' casi, nei quali o convenga, o si possa alzar tanto le chiuse, che sotto il piano del fondo del canale vi resti spazio bastante per varii scaricatori. E poi nella stessa chiusa di Casalecchio quantunque gli scaricatori smaltiscano una quantità grande di ghiaie, le lasciano però passare in buon numero ancora dentro il Naviglio, e vi hanno bisogno dei paraporti per impedirvi il maggiore interrimento del fondo.

Il Naviglio di Bologna ha sotto all'imboccatura a diverse distanze cinque diversivi sempre aperti a fior d'acqua, e sei paraporti, che si aprono in tempo delle piene. I diversivi lasciano ricadere nel Reno le acque, che passano l'altezza ordinaria dentro il canale. Le così dette saracinesche dei paraporti sono insieme, e cateratte, e diversivi: mentre coprono il fondo sino all'altezza degli altri diversivi murati, e poi aprendosi tutte nel tempo delle piene, lasciano fare alle acque l'ufficio di tenere il fondo scavato bastantemente. Il Guglielmini nel capitolo duodecimo ci lasciò scritto che quantunque allora la ghiaia dentro l'alveo del Reno si stendesse per cinque miglia al disotto di Casalecchio, dentro il Naviglio però non arrivava che a poco più di un mezzo miglio: e che anzi si sarebbe potuta restringere a uno spazio minore, se il luogo de' paraporti fosse stato meglio inteso a principio, e se si facessero essi operare più frequentemente, e in tempi più opportuni.

Nel Naviglio della Martesana le ghiaie si avanzano fino a cinque, o sei miglia, e i paraporti sono così bene situati, che

sogliono ordinariamente bastare a tenere espurgato il primo tronco, e l'imboccatura. Nell'altro Naviglio grande si stendono le ghiaie molto di più, e i paraporti sono tanto lontani dall'imboccatura, che qualche volta vi fa bisogno dell'arte, per rimediare agl'impedimenti, che la natura de' fiumi opporrebbe alla navigazione. Vicino all'incile della Muzza v'è uno scaricatore a fior d'acqua, e due miglia più sotto vi sono due paraporti di dieci porte ciascuno. L'azione loro non si risente in tutto il tronco superiore, e molte volte vi fa bisogno della mano, e dell'arte per levare gli ammassi di ghiaie, che di quando in quando v'impoveriscono il corpo d'acqua, e minacciano la fertilità artificiale del Lodigiano. Il Naviglio della Martesana, e quello di Bologna, come di un'epoca posteriore, hanno prevenuto nella costruzione loro gl'inconvenienti degli altri canali più antichi.

Nel caso di derivare dal tronco superiore dell'Adda un ramo perenne d'acqua che vi potesse continuare la navigazione sino la lago di Lecco, come si è detto a pag. 303, e seg., nessuno dei ripieghi proposti a pag. 313 e 314, basterebbe per impedire che le ghiaie non si stendessero a tutta la lunghezza del canale. Sono ghiarose le campagne circonvicine, e le coste, tra le quali corre incassata l'Adda. Il fondo dell'Adda è ghiaroso, quantunque in alcuni siti di maggiore pendenza non si lascino fermare le ghiaie, che vi ricadono dalle coste e dai luoghi superiori. L'acqua vi scende con un impeto straordinario, e andrebbe col suo filone a imboccare quasi direttamente l'incile del nuovo cavo. E poi se nel presente canale della Martesana, e nell'alveo dell'Adda si stendono tanto le ghiaie sotto alla pescaia di Trezzo, certamente in un luogo di maggiore pendenza, e nella continuazione del filone istesso del fiume arriverebbero naturalmente le ghiaie alla distanza di un miglio, o di un miglio e un terzo, e in conseguenza si spanderebbero per tutto il cavo.

I diversivi sempre aperti a fior d'acqua, secondo si è detto a pag. 309, servirebbero a non lasciare soverchiar il canale nelle piene: e secondo la pag. 312, i paraporti collocati opportunamente poco sotto all'imboccatura, e avanti il primo sostegno, servirebbero ad espurgare il fondo dalle ghiaie, e dalle altre

materie grosse successivamente portate nelle piene. Ma ciò ancora non basterebbe per le ghiaie che arriverebbero sino alle porte, e superiori, e inferiori del sostegno. Mentre in primo luogo quand'anco il paraporto aperto immediatamente al disopra fosse assai ampio, e avesse molta caduta, le acque uscendo, si disporrebbero in una curva continua dall'imboccatura del cavo sino al paraporto: e così non avrebbero azione sopra l'angolo opposto, che resterebbe oltre la convessità della curva tra il sostegno, e la riva, dove per conseguenza si ammucchierebbero sempre le ghiaie. Poi, non potendo sempre restare aperto il paraporto, sarebbe facile il caso, che le materie grosse si deponessero in tutta la platea esteriore del sostegno, e v'impe- dissero la reciprocazione delle porte. E finalmente, per le ragioni accennate a pag. 313, passerebbero spesso le materie medesime dalla platea esteriore nell'interiore, e vi raddoppierebbero il medesimo incomodo.

Non è stato ancora considerato dagl' Idrometri il caso di dover collocare un sostegno in luoghi di ghiaie, e di altre materie grosse. I sostegni del Naviglio di Bologna, per quanto scrive il Masini, fatti nel 1493, restano in luoghi, dove arrivano solamente le materie più sottili. Nei sostegni, che furono terminati quattr'anni dopo a Milano, succede la stessa cosa. Anzi succede lo stesso in tutti gli altri più moderni sostegni della Lombardia, dello Stato Veneto, della Toscana, e di tutti i canali navigabili della Francia, e de' Paesi Bassi. E inoltre abbiamo l'esperienza continua degl'inconvenienti, e sconcerti, a cui soggiacciono questi edifizj per le sole torbide, che vi arrivano di sabbia fine, e di belletta. Il Guglielmini nel capitolo duodecimo già citato, e il Zendrini nel capitolo duodecimo sopra le acque correnti, trattando della fabbrica dei sostegni, avvisarono che nelle acque torbide hanno essi bisogno di star aperti di quando in quando per impedire i riempimenti. Gli sconcerti dovrebbero sempre crescere in proporzione della grossezza delle materie.

Ho inutilmente cercato per molto tempo la notizia di qualche sostegno fabbricato in luoghi ghiaiosi, e che però potesse dar qualche lume. Un abilissimo, e illustre ingegnere pochi me-

si fa mi ha informato di un sostegno posto sull'Indre nella Provincia del Berry, dove ancora seguita il fiume a portar ghiaie, e materie grosse: e mi ha inoltre spiegato l'artifizio, con cui si tiene espurgato il fondo, e si mantengono ufiziose le porte, ch'è di farvi passare, quando bisogna, le acque di un torrente vicino, e con esse portar fuori le ghiaie spinte successivamente dall'Indre nel circondario delle porte. L'esempio non può essere così facilmente imitato negli altri fiumi, e nei canali navigabili, che vi si dovessero derivare. Questo fatto però mi ha dato occasione di pensare a diversi espedienti, e ripieghi da prendersi nel caso di esporre la fabbrica di un sostegno al trabocco delle ghiaie. Il ripiego più naturale, e più semplice è il seguente.

In primo luogo proporrei di aprire un ampio paraporto immediatamente sopra il sostegno. In secondo luogo, perchè l'azione del paraporto si stendesse fino all'angolo opposto; e perchè lo ghiaie vi avessero per tutto il fondo della platea esteriore un richiamo più facile, vorrei che il fondo della platea medesima pendesse sensibilmente verso le bocche del paraporto. In terzo luogo, perchè nell'atto di aprirsi, e chiudersi continuamente il sostegno non così facilmente vi si dovessero sbalzare le ghiaie sin dentro il circondario, vorrei che la soglia dell'apertura delle prime porte si tenesse più alta di tutto il piano della platea esteriore, limitando l'alzamento al segno, che in tempo di magrezza non vi restasse interrotta la navigazione. E finalmente per tenere espurgata la platea interiore delle ghiaie che vi cadessero di tanto in tanto, vorrei che anch'essa fosse tenuta sensibilmente inclinata, e che vi si aprisse, e si facesse operare a tempo un altro paraporto nell'angolo inferiore.

In questa maniera si potrebbe mantenere il sostegno sempre ufizioso, senza che vi fosse bisogno d'interrompere la navigazione per rimediare ai nuovi trabocchi dello ghiaie colla manuale escavazione. Ma nel caso accennato del canale da cavarli dall'Adda converrebbe inoltre abbandonare l'idea di quei grandiosi sostegni di 15, e 30 braccia di altezza, come s'è abbandonato in Svezia il progetto di un sostegno di piedi 52, che farebbero circa 26 braccia. Io non so con quale meccanismo si

possano maneggiare i portelli di concho così smisurate, nè vedo come il fondo delle platee si possa facilmente assicurare dai gorgi, che vi farebbe nascere una colonna d'acqua di tant' altezza. Il Belidor nel capitolo ottavo del Libro quarto, e il Zandrini nel capitolo duodecimo già citato, hanno abbastanza spiegate, e dettaggiate tutte le regole pratiche, e le cautele, che devono avere gli artefici nella fabbrica dello platee, dei muri, e delle porte. Ma il Belidor ha espressamente notato nel capo terzo, che quando si abbia un' altezza maggiore di 12, o 13 piedi di Francia, è sempre meglio di moltiplicare i sostegni, e di tenerli uniti, e contigui per risparmiare così una mano di porte.

Tutti i sostegni di Briara, di Orleans, e di Linguadoca non passano gli otto piedi di altezza. Gli otto sostegni, che sono in vicinanza di Beziers, hanno insieme la caduta di undici tese, che sono piedi $8\frac{1}{4}$ per ciascheduno. Quelli del vecchio canale di Piccardia hanno dai 6 fino ai 13 piedi di altezza. Gli altri, che saranno costruiti sopra il nuovo canale, e sulla navigazione della Schelda, saranno istessamente non maggiori di piedi 13. I maggiori sostegni de' Paesi Bassi sono quelli di Ostenda, e di Bouzingue. Il sostegno, per cui si passa dal canale d' Ypres in quello di Furnes vicino a Bouzingue, ha venti piedi di altezza e di larghezza nella lunghezza di venti tese. Il Signor Dubié nella costruzione di quell' edificio ha fatto particolarmente brillare la sua abilità. Gli otto sostegni del Naviglio di Bologna hanno tra tutti cinquanta piedi Bolognesi di altezza. I più alti sostegni d' Italia sono quelli che si trovano al Dolo sulla Brenta. Le porte della chiusa del Dolo sono alte sopra la platea dalla parte superiore, piedi Veneti $21\frac{1}{2}$ e dalla parte inferiore piedi $18\frac{7}{12}$.

Sul modello dei sostegni già detti se ne potrebbero costruire degli altri nel progetto accennato di voler continuare la navigazione nelle parti superiori dell' Adda. Potrebbe dare all' ultimo la maggiore altezza, per esempio di braccia dieci, facendo servire nel costruirlo i muri che son già fatti; immediatamente al disopra se ne potrebbero fabbricare tre altri, tutti contigui, di circa otto braccia d' altezza per ciascuno. E finalmente 1960 braccia più sopra ne resterebbero da fare altri due, ciascuno di

braccia sel, che togliessero insieme il rimanente della caduta, e provvedessero alla differenza dei due piani, nei quali si divide la piccola valle della Rocchetta, come si è detto a pag. 303. Le prime conche venendo all'ingiù, si dovrebbero tenere più basse delle altre susseguenti, per maggiormente assicurarle dalla pressione, che sosterebbero in tempo delle maggiori piene. A ciò unendo le altre avvertenze spiegate sopra, intorno alla fabbrica del primo sostegno, dei paraporti, e dei diversivi, credo che si darebbe al nuovo canale la migliore disposizione possibile.

Nel progetto di derivare dal fiume Gotha un canale navigabile nella maniera, che già si è detto, non poteva essere immaginata meglio la forma, il luogo, e le dimensioni dei sette sostegni nei quali s'ha da dividere gradatamente la caduta totale di $413 \frac{1}{3}$ piedi di Svezia. La traccia di tutto il canale è quella che più si adatta alla topografia, ed alla fisica costituzione dei luoghi tanto variamente difficili. La derivazione, e il ritorno nel fiume è fatta dove il suo corso resta talmente stabilito, e serrato tra le montagne, che non vi è da temere, che volgendosi altrove, tronchi, o renda più incomoda la comunicazione superiore, o inferiore col cavo. Anche le due chiuse che uniscono l'isolotto Grefon al Melgon, e il Melgon alla sponda sinistra del fiume, e al labbro inferiore dell'incile, prendono una tanta parte del fiume, e per un giro così spazioso, che assicurano bastantemente all'incile la necessaria quantità d'acqua.

La natura di quel terreno non permette che vi si regoli la quantità istessa dell'acqua come negli altri Navigli di Milano, e di Bologna. Mentre dovendosi scavare l'incile, e il primo tronco del canale in una roccia molto alta, che lo dividerebbe dal fiume per più di 300 piedi, non sarebbe possibile di farvi traboccare dalle sponde le acque sovrabbondanti, o di aprire nella sponda medesima qualche diversivo a fior d'acqua. Il ripiego più naturale, e più semplice sarebbe quello di aprire in vece un ampio scaricatore subito dopo il tratto montuoso, dove il canale non si discosterebbe molto dal fiume. Il solo scaricatore, che ritrovo segnato nelle mappe, sarebbe troppo lontano dall'im-

boccatura del canale, e quantunque si facesse a forma di paraporto, ed avesse una caduta assai grande, non potrebbe esercitare azione alcuna nel primo, e superior tronco, nè per dar esito alle acque soverchie in tempo delle maggiori escrescenze, nè per tenere espurgato il fondo dalle materie successivamente portate, e deposte dalle acque.

Ma per ciò che appartiene alla regolata quantità d'acqua, la particolare costituzione di quel canale darebbe luogo ad alcune altre providenze affatto particolari. Dando un'occhiata alla mappa, pare che tutto il tratto del fiume Gotha, che resta fra gl' isolotti Melgon, e Grefon, si possa considerare come il principio del canale. Mentre restando libero il corso del fiume sulla dritta, l'intreccio di quegl'isolotti, e delle chiuse già mentovate, deve faro ristagnar l'acqua sulla sinistra, insino al luogo dove una volta eravi l'altra cascata d'acqua, detta Presteskedet. Parrebbe adunque che si potesse provvedere abbastanza agl'inconvenienti delle piene dando a quelle chiuse la sola altezza del corpo d'acqua, ch'è necessario per la navigazione, e facendolo servire d'un continuato scaricatore, e d'un diversivo sempre aperto a fior d'acqua. Che se inoltre nella grossazza della pescaia, che unisce il Melgon al labbro inferiore dell'incile, si scavassero degli altri scaricatori, e paraporti, e si facessero tutti operare a tempo, si potrebbe ancora espurgare il fondo superiore dalle materie che col rallentamento del corso vi si dovrebbero necessariamente ammucciare.

Le materie frammischiate coll'acqua formano col progresso del tempo le più serie difficoltà dei canali navigabili. Non vi è diligenza, che possa dirsi inutilmente impiegata per prevenirle. Ma in tutti i casi particolari le semplici mappe, e le relazioni anche più esatte, senza l'oculare ispezione, non bastano per dare i lumi necessari ad un estero, e per poterne giudicare dell'esito. La rapidità grande del fiume Gotha, le montagne tra le quali è serrato, le ragioni per cui sono mancati i lavori del 1754, tutto annunzia che il fiume deve portare e ghiaie, ed altre materie grosse in tanta quantità da farle scorrere anche per tutta la lunghezza del canale. Oltre di ciò, poichè il canale in quattro differenti luoghi, e per tratti assai lunghi deve

sedere sulle coste dei monti, indipendentemente dalle torbide ordinarie del fiume, le sole acque piovane vi porteranno delle altre materie grosse: appunto come nei nostri Navigli di Milano i piccoli torrentelli, e le piogge, che scendono dalle coste vicine, portano arene, e ghiaie anche fin dove più non arrivano quelle del Tesino, e dell'Adda. Su queste congetture, e su gli altri esempli che abbiamo, si può appoggiare un pronostico generale, di quanto col progresso del tempo dovrà forse succedere in quel canale.

Primieramente adunque incominciando a sboccare le torbide dall'incile, e dal primo tronco del canale nel piccolo campo che dev'essere messo sott'acqua, per quanto raccolgo dallo mappe, vi si rinnoverà il caso già accennato a pag. 297, della vasca di Naurosa, e del canale di Linguadoca. Le materie successivamente deposte v'impediranno col tempo la navigazione, e sarà poi necessario di continuare il canale rettilineo attraverso a tutto quel campo. Lo stesso dovrà succedere nell'altro campo inferiore, che pure ha da mettersi sott'acqua, e dove non si vuol continuare il canale. Essendo l'estensione assai grande, gl'interramenti vi si principieranno all'ingresso, e vi sarà sempre bisogno della mano degli uomini per tenervi il passaggio libero, e aperto. Così si andrà protraendo a poco a poco lo scavo, finchè si avrà finalmente un solo canale uniforme, e continuato dall'imboceatura fino ai sostegni. Uno stato tale di cose arriverà più presto, o più tardi in proporzione della maggiore o minore grossezza e copia delle materie, che vi saranno spinte dalle acque.

Quest'inconveniente, che forse si sarà già previsto pei due campi da mettersi sott'acqua, può suggerire un ottimo e sicuro ripiego per assodare tutto il marazzo, che resta tra i due luoghi già detti, e per cui devo passare il canale. Quando fosse fatto lo scavo in tutto il tronco superiore, e le acque torbide si conducessero a sboccare in quel marazzo, e vi si dirigessero opportunamente ai luoghi di terreno più sciolto, e di maggiore profondità, non potrebbero mancare di colmarli, e di darvi la necessaria consistenza, tanto più presto quanto fosse maggiore la quantità delle materie portate insieme coll'acqua. I Toscani

sono stati i Maestri di questa sorte di bonificazioni, che propriamente chiamansi Colmate, e ne hanno benissimo approfittato in varie situazioni. Nel Polesine, nel Modanese, e in altri luoghi d' Italia si sono in questa maniera cambiati in ricche campagne molti terreni incolti, e paludosi. La bonificazione del marazzo accennato richiederebbe un poco di tempo: ma il ritardo sarebbe poi compensato abbondantemente dalla più facile, e più sicura continuazione di tutto il cavo.

La sicurezza, e perpetuità dell' impresa parrebbe ancora che richiedesse un terzo scaricatore immediatamente sopra il primo sostegno: e vorrebbe di più che la fabbrica del sostegno medesimo si regolasse colla considerazione delle materie, che vi potessero arrivare. Questi sono tutti i rilievi, che m' è occorso di fare e che presento alla altrui osservazione.

CAPITOLO XXIX.

DELLA SOLIDITÀ ED ORNAMENTAZIONE
DEGLI EDIFIZII.

Gli Edifizii sono da considerarsi principalmente sotto due essenziali punti di vista ; quello della solidità e quello della conveniente ornamentazione.

Volendo intrattenerci alquanto a parlare della solidità, non possiamo evitare di estendere le nostre considerazioni ancora sul tema dell'ornativa, in quantochè queste due importanti condizioni delle fabbriche, trovansi strettamente interessate e congiunte fra loro ; quindi anderemo presentando francamente i nostri pensamenti alla pubblica considerazione, persuasi che dalla discussione può derivarne utilità non lieve ai giovani cultori dell'arte edificatoria, non che aumento di decoro alla maggior parte degli Edifizii che nei tempi futuri anderanno costruendosi.

Da non molto tempo si sono suscitate varie opinioni in Italia sullo stato della patria architettura. Alcuni pretendono che a torto si procuri nel general sistema dell' insegnamento di quest' Arte, di proclamare condannabili molte guise di architettare dei nostri Italiani dal 400 in poi, che presentano un carattere non abbastanza subordinato ai tipi o modelli greco-romani.

Di rincontro fassi osservare da altri, che il tipo degli Ordini architettati offerto dai greci, essendo dotato d' insuperabil

bellezza (come prova l'esperimento dei secoli che sono scorsi senza che vi si abbia potuto indurre che leggieri ed insignificanti modificazioni) deve renderne alieni da nuovi tentativi, ed in forza di ciò si conchiude, che il così detto bello classico architettonico possa raggiungersi, esercitandosi soltanto nella copia esatta degli Ordini e delle fabbriche classiche che rigorosamente solo con questi vengono decorate.

I primi idolatrano l'Architettura che dicesi Romanza e che comprende tutte le maniere originali d'Europa, i secondi, cingono baldanzosi alle loro fronti gli allori sfrondati agli artisti greci.

In queste divergenze di opinioni ne sembra possibile una via di conciliazione che tenteremo di motivare, attenendoci alle massime di una filosofica e rigorosa analisi.

Muoveremo dal ripetere che il principale scopo dell'Architettura, è quello di appropriare convenientemente il carattere e l'area degli edifizi alla loro destinazione, tanto nei rapporti di solidità che di ornamentazione.

A nostro avviso non è che una vera e propria aberrazione quella di ritenere che l'applicazione di un Ordine greco-romano basti ad assegnare il carattere agli Edifizi; esso Ordine non stabilisce propriamente parlando che la decorazione ornamentale che deve o non deve applicarsi, a norma che l'indipendente creazione dell'assieme dell'Edifizio sortita dalla mente dell'Architetto, sia ravvisata capace a potere esserne opportunamente rivestita. Domando se nella cattedrale di Firenze si avesse voluto ad ogni patto applicare internamente un Ordine greco-romano per decorare i peristili delle navate, in vece dei robusti piloni che vi si osservano, si avrebbe forse potuto ottenere la solidità reale ed apparente della vastissima navata centrale coperta a volta? si avrebbe forse potuto conformare con armonica disposizione delle parti la vastissima cupola, prima al mondo per solidità ed eleganza, e la monumentale espressione che rende l'esterno del tempio un modello inimitabile di sublimità e di imponenza? Certo che no; non occorre render capaci gli intelligenti di queste verità, troppo da per se stesse evidenti, e potremo invece concludere, che le bellezze somme di questo tempio, derivano appunto dall'aver posseduto Italia una mente artistica tanto in-

dipendente, da sentirsi capace di creare il pensiero di un Edifizio, prima quasi direi, di occuparsi dell'ornativa che doveva rivestirlo.

Ora oppostamente si è veduto taluno, pretendere di modulare le altezze delle nostre case a tre e quattro piani, secondo le proporzioni degli Ordini greco-romani sovrapposti, e di ornare le facciate con queste quasi mostruose sovrapposizioni di Ordini.

La presenza inopportuna in un Edifizio, dell'Ordine greco-romano, riesce sempre a carico della libertà di concetto nella composizione dell'insieme della fabbrica, riesce sempre a carico dell'Ordine stesso, che con la massima facilità rimane sacrificato dai confronti delle masse, di maggiore imponenza.

Osserviamo un momento la loggia detta degli Uffizi e vedremo le grosse colonne doriche che sono disposte fra un pilone e l'altro, sembrare condannate a sostenere il soverchio peso, loro sovrapposto, e far meschina mostra di se, soltanto per causa della inopportuna collocazione.

Infatti, figuriamoci quell'Ordine, liberato dalla massa di fabbrica che lo soggioga, e disposto ad ornare da terra a tetto, l'esterno delle pareti di un tempio Greco come il Portenone. Allora quelle colonne, quelle trabeazioni che ora non figurano che come accessorio ornamento, diverrebbero l'espressione semplice grandiosa e pura, dell'unità di creazione, unisona ed esatta come una definizione di geometria. Esaminiamo le cagioni di questa grande e non dubbia metamorfosi.

Prima di tutto, crediamo, che l'Ordine essendo una composizione perfetta e completa, non sia suscettibile di ricevere addizioni alla massa che rappresenta, senza che le risultino a carico. È massima dei classici, accettata appunto in forza delle Autorità, come lo erano un tempo le dottrine peripatetiche, che la colonna ed in conseguenza l'Ordine, siano destinati a sostenere. Questa massima stà in decisa opposizione con i perfetti modelli pervenuteci dai greci, quali hanno oppostamente formata la trabeazione perchè rappresenti con lo sporto della cornice la gronda del tetto, e non perchè serva di sostegno alle masse dei fabbricati. Dicono i fautori del classicismo, che ammettendo questo principio, si ver-

rebbe a distruggere ogni applicazione dell' Architettura romana e moderna, e che sarebbe gravissimo errore, quello di condannare in genere, l'applicazione dell' Ordine nelle fabbriche d' elevezione, senza aver pensato al modo di adottare un miglior sistema di ornamentazione.

La materialità dei fatti in queste dispute è più eloquente di qualunque artificioso ragionamento, e per provare la futilità della sopra espressa sentenza, io dico che prima di ammetterla in un modo assoluto e generale bisognerebbe provare che la maravigliosa Loggia dell' Orgagna che decora la piazza del Granduca in Firenze, non presenta l'espressione di una creazione originale, dotata di estrema imponenza e di aggraziata venustà, e che non è tale in somma nel concorso delle sue bellezze, da stare a fronte dei più felici Monumenti dei bei tempi delle greche Repubbliche.

Dunque tralasciando di estenderci nella citazione di altre fabbriche preclare ed imponenti, potremo asserire senza tema di essere smentiti, che esiste di fatto un' architettura nazionale che molti moderni artisti hanno derelitta per divenire pedissequi anche nelle circostanze inopportune, delle bellezze degli Ordini architettonici, che nella più gran parte dei casi non possono che rimanere deturpati, sottoponendo questi ad applicazioni ben lontane dallo scopo per cui furono composti.

Volete una prova luminosa nella maggior parte dei casi, dell' incongrua applicazione ai monumenti del Culto, dell' Ordine creato per la conformazione dei Templi pagani, mirate alla insormontabile difficoltà di architettare le facciate di queste nostre Chiese; difficoltà che è risultata evidente anche per quei prodigiosi ingegni dei cinquecentisti. Vedete le facciate delle chiese di S. Gaetano e di Ognissanti di Firenze, formate in tempi da noi non lontani e più infelici dei nostri in fatto di ornativa architettonica, e ditemi se chi abbia fior di senno non trova più soddisfazione d'animo nel riguardare in vece di queste, la rozza ma originale ossatura della Facciata del Tempio di Santa Croce.

Generalmente si mostra di credere, che il difetto di bellezza in queste facciate, derivi soltanto dal manierato sistema di ornamentazione, ma la cosa non è esattamente così, poichè se in-

vece delle facciate che esistono, vi fate a supporre una decorazione formata con l'applicazione degli Ordini copiati dai più eleganti esemplari greco-romani, e del cinquecento, non potrete giammai ottenere un'unità di carattere, nè con l'interno, nè in se stesse, nè un'imponente espressione liturgica, che solo potrebbe derivare dall'unità e severità delle masse.

Infatti dall'esser conformato l'interno con l'applicazione di un ordino greco-romano, che non ostante il proprio carattere elegante, delicato, svelto, è stato condannato a sostenere sopra di sè una gran parte del fabbricato, ne derivano gli insormontabili inconvenienti, o di dovere decorare le facciate con un'Ordine di molta maggiore altezza di quello interno, o di dovere applicarvi delle colonne meschine sormontate da gravi masse, con danno palese dell'unità di composizione e della imponenza.

Le opere lasciate da Brunelleschi ci insegnano che quel grande spirito aveva tentata una riforma che doveva render suscettibile l'ordine greco-romano, di essero applicato senza gravi inconvenienti nelle fabbriche, specialmente di uso sacro. L'archivolto semicircolare posato sulle colonne, rendeva in qualche modo comportabile l'Ordine greco-romano, sottoposto ad una discreta massa di fabbricato, rendeva suscettibili le distanze fra colonna e colonna di esser maggiori, e rendeva sopportabile, l'applicazione alle nostre fabbriche, del prodotto della sublime greca sapienza.

Sembra che fino dai tempi di Diocleziano, sussistessero esempi di colonne con archi sovrapposti, e dopo, quasi tutte le Chiese cristiane dei bassi tempi furono foggiate a questa guisa. Fin d'allora, la grossolana ma creatrice immaginazione di quelli Artefici, formò le navate delle basiliche ad archi; fece spesso colonne cilindriche a sostegno di questi archi, ma determinò il loro diametro proporzionalmente alla solidità reale ed apparente della fabbrica, e si tenne affatto scevra dall'imitazione delle proporzioni degli Ordini modello.

Resultarono questi sostegni, pesanti, informi, goffi, posti a paragone degli Ordini greco-romani, ma osservati sotto il rapporto della loro destinazione, producevano e producono ancora quell'uniforme sistema di robustezza negli Edifici. Quelli Edifi-

ci erano atleti con le gambe da atleta ! se in quelle stesse proporzioni dell'assieme del Tempio, avessero voluto un Ordine con le proporzioni greco-romane avrebbero fatto degli atleti con le gambe di Apollo.

E perchè questo ? perchè l' Ordine greco-romano per divenire atletico nelle proprie proporzioni abbisognava di esser formato gigantesco in modo da pareggiare quasi tutta l'altezza della fabbrica, come nei Templi Greci. Dunque a rigor di termine questo modo di decorazione non è suscettibile di essere applicato nelle nostre Chiese a navate, senza incorrere in gravi difetti nella proporzione generale di queste, e nella solidità reale, e senza che l'imponenza e la vaghezza dell' Ordine non ne rimanga altamente degradata.

Chi vorrà negare che la Chiesa di Santo Spirito di Firenze sia stata immaginata e costruita con quel raffinato magistero dell' Arte, che possedeva il costruttore della portentosa cupola della Metropolitana ? Eppure tutto lo sforzo di quel vastissimo ingegno del Brunellesco, non ha potuto superare le difficoltà che sono inerenti all'applicazione dell' Ordine greco-romano, formante il peristilio delle navate ; infatti quest' Ordine osservasi sormontato da un altro più gigantesco rappresentato dai pilastri che sostengono gli archi della cupola. Ecco che riman vulnerata l'unità di composizione tanto strettamente osservata dai Greci nei loro monumenti. Non poté del pari Brunellesco coprire a volta il suo tempio perchè la delicatezza dei sostegni ciò rendevano ineffettuabile. Non poté assegnare a causa dei vincoli che derivano dall'applicazione dell' Ordine, greco-romano mantenuto nelle sue organiche proporzioni, la conveniente vastità alla Cupola centrale, che avrebbe tanto contribuito alla generale imponenza. Infine non le fu possibile, ottenere quella robustezza di costruzione tanto necessaria nei pubblici monumenti, e prova ne sia lo stato attuale della fabbrica che in più luoghi presenta le tracce di sconnessioni da dare qualche apprensione.

Una molto felice applicazione dell' Arco girato sopra le colonne, vedesi praticata dallo stesso gran maestro, nella loggia degli Innocenti che decora la piazza detta della SS. Annunziata,

posta pure in Firenze. Ma bisogna convenire che l'eleganza dell' assieme deriva appunto dall' avere sopra di se questa loggia, una molto limitata massa di fabbricato, e che il più lieve aumento di questa massa basterebbe ad eliminare quell' armonia che la rende gradevole.

Finalmente è da osservare che un sistema qualunque di colonne specialmente con archi girati sopra, non è suscettibile in buona statica a sussistere stabilimento da per sè ed ha bisogno di esser tutelato da robuste pareti di rinforzo, specialmente agli angoli estremi.

In conferma di questo principio osserviamo che la bellissima loggia del Mercato-nuovo in Firenze, benchè componga un assieme formato dal solo Ordine, non poteva costruirsi con la necessaria stabilità nè tampoco coprirsi a volta reale senza il soccorso dei robusti sostegni rettangoli che limitano le parti angolari.

Ma nonostante i sopravvertiti difetti che non abbiamo voluto simulare anche a costo di apparire Irreverenti della sapienza dei nostri Cinquecentisti, ne sembra appoggiandoci ancora all' autorità del gran Brunellesco che una ben' intesa collocazione dell' Ordine con l' arco girato sopra, costituisca l' unico mezzo onde rendere in qualche modo applicabile come sostegno, la decorazione prediletta dai Greci e dai Romani, alla struttura delle nostre fabbriche specialmente sacre.

Ripetiamo, esser nostra opinione che i Greci fossero ben lontani dal considerare l' Ordine, come parte destinata a sostenere altre edificazioni sovrapposte, e vediamo questo costantemente nei loro monumenti, unico e componente in se stesso la totalità della fabbrica, o si osservi esso situato in prossimità delle pareti onde ornarle sfarzosamente, o si veda disposto a peristili nei frontali dei Templi.

Passando a dedurre una general conseguenza dalle premesse critiche osservazioni, concludo che potrassi solo conseguire un' originalità di composizione in Arte, ricalcando la via tracciata dai nostri padri, cioè creando il concetto normale delle fabbriche indipendentemente dall' ornamentazione che deve decorarle, e poi procedendo a studiare se vi si possa senza con-

trosensi condannabili applicare l'Ordine greco-romano come parte principale dell'Edifizio; e quando che no, preferisca allora l'artista, un'armonica proporzione di parti, e renda l'ornamentazione parte accessoria delle masse, poichè così procedendo otterrà sempre degli Edifizi gradevoli, solidi e convenientemente formati; e le parti modinate di quello stesso Ordine architettonico, che avrebbe fatto meschina mostra di se applicato nella sua integrità in una fabbrica non adattata a comportarne le proporzioni, adoperate con il gusto che qualifica il nostro secolo, potranno divenir quasi inesausta sorgente di dilettevole eleganza ed anche nei congrui casi di sfarzosa ricchezza.

Su questo tema ci giovi riflettere che sono in gran numero gli esempi offertici dai sommi architetti, ma che le loro opere svariate, e con grande ingegno compite, da molti superficialmente si osservano, perchè assuefatti a considerare elemento primitivo ciò che in sostanza deve nelle nostre fabbriche formare accessorio, ed a riguardar quasi come accessorie le masse e la struttura generale degli Edifizi.

Abbiamo prescelto di riferire le nostre osservazioni alle fabbriche di uso pubblico, perchè queste sogliono più facilmente presentare un carattere di ornamentazione ben determinato e distinto, ma non è perciò che quanto è stato detto in proposito manchi di analogia con i rilievi di statica e di ornativa che potrebbero elevarsi per le fabbriche dei privati e destinate all'abitazione.

Secondo il nostro sentire, rapporto a queste, deve principalmente farsi rimarcare la necessità di ottenere una solidità reale tanto nella general costruzione che nelle parti accessorie.

A nostro avviso le case dei privati non possono esser suscettibili con convenienza, che di ben castigate foggie ornamentali; esse riusciranno sempre gradevoli, se formando lo sporto del tetto nel suo andamento naturale, oppure allorchè la solidità delle pareti lo comporti, architettandolo alla guisa greco-romana, ci asterremo in tutte le altre parti dalle forti proiezioni, dagli spartimenti in varie disposizioni moltiplicati, e procureremo invece con ogni più accurata diligenza di conformare una ben proporzionata degradazione di piani, ed una uniforme e

ben'intesa disposizione di luci, facendo poche modinature, ma procurando di comporre particolarmente per la situazione in cui devono figurare.

Per ciò che concerne la solidità delle fabbriche dei privati, crediamo utile di fare osservare altresì, che in quei paesi ove regolamenti speciali non dirigono il pubblico andamento dell'Arte edificatoria, verificali nell'atto pratico, una assai singolare disposizione di cose.

Per una parte delle dette fabbriche, che il buon senso dei privati affida alla direzione di abili architetti, vedonsi poste in pratica le migliori guise di costruzione, tanto derivate dall'esame delle nostre fabbriche classiche, quanto combinate maestrevolmente dall'ingegno inventivo o dal sapere degli architetti che le dirigono. Dall'altro lato vedonsi erigere delle fabbriche, rapporto alle quali un inesperto muratore ha persuaso al proprietario, non essere necessaria l'opera dell'architetto come costruttore, ma soltanto come disegnatore dove esso intervenire, e principalmente per porre il costruttore al coperto dalle eventualità che nel decorrere dell'opera potessero presentarsi.

Il proprietario che ha sott'occhio l'economia del momento, e non vede come riuscirà la fabbrica, manca in sostanza dei mezzi di formarsi un giusto raziocinio, rapporto a tali insinuazioni, e spesso, pel risparmio di poco denaro rimane esposto ad innumcrabili danni ed a quello più di tutti peggiore di avere una pessima costruzione, ed una cattiva ed inopportuna disposizione di locali.

La massima parte delle fabbriche che sorgono sotto così svantaggiosi auspici, sembrano assolutamente appartenere ad uno stadio di inoltrata decadenza dell'Arte, tanto nei rapporti di solidità, che di gusto architettonico.

Quando che sia reputato difficile di riparare all'inconveniente che vien segnalato, vorremmo almeno che questi intraprenditori e speculatori potessero essere posti in grado di eseguire in meno pessima guisa i loro lavori, al che ottenere, moltissimo contribuirebbe l'esposizione artistica sugli esempi migliori dei sistemi specialmente costruttivi, che deviziosamente

può Italia, ed anche la sola Firenze offrire agli studiosi, tanto se questi venissero desunti dalle nostre fabbriche dell'era volgare, quanto se si raccogliessero dietro gli esempi offerti dagli architetti viventi.

BASI FONDAMENTALI

della riduzione delle MISURE e PESI Toscani, in quelli del sistema
Metrico Francese e viceversa.

MISURE TOSCANE.		MISURE METRICHE.		MISURE TOSCANE.
Lineari	Braccio 4	Metri 0,583626 ;	Metro 1	Braccia 4,7434265
Di Superficie	Quadrata 4	Are 34,0649 ;	Ar 1	Quadrati 0,0293583049
Di Capacità	Braccio Cubo 4	Steri 0,1987942842 ;	Stero 1	Braccia Cubo 5,0303298752
Di Capacità	Aridi } Stajo 4	Litri 24,362862 ;	Litro 1	Stajo 0,0440460807108
	Liquidi } Barile da Vino 4	Litri 45,584044 ;	Litro 1	Barili da Vino 0,02193750220609
	Liquidi } Barile da Olio 4	Litri 33,428908 ;	Litro 1	Barili da Olio 0,0299142287268
Pesi	Libbra 4	Kilogrammi 0,339542 ;	Kilog. 1	Libbre 2,9451437524666

AVVERTENZE

relative alla antecedente Tavola.

Per tutte quelle circostanze che non reclamano una rigorosa esattezza, potranno senza errore di valutabile importanza, trascurarsi tutte le cifre al di là della virgola, meno due; così un braccio Toscano, resulterà eguale a metri 0, e centimetri 58; un metro, resulterà eguale a braccia Toscane 4, e centesimi di braccio 47; peraltro se la cifra che immediatamente consegue è maggiore di 5 dovrà accrescersi di un' unità l'ultima delle cifre che si adottano. Per esempio, un braccio cubo Toscano dovrà farsi eguale a steri 0,20; una libbra Toscana farassi eguale a kilogrammi 0,34, ec.

SOMMARIO

DELLE MATERIE CONTENUTE NELL' OPERA.

Introduzione.....	pag.	5
-------------------	------	---

CAPITOLO I.

<i>Prescrizioni per tracciare le strade ruotabili, le strade ferrate ed i canali.....</i>	9
---	---

Della traccia delle curve sul terreno — tavola per calcolare la lunghezza degli archi, ed esempi di applicazione — applicazione della forza motrice per i trasporti sulle strade ordinarie.

CAPITOLO II.

<i>Della livellazione</i>	21
---------------------------------	----

Dei diversi livelli — tavoletta di modello per gli appunti locali, e indicazioni relative — modello per le calcolazioni degli scavi e dei rinterri — classazione dei terreni — esame dei corsi d'acque.

CAPITOLO III.

<i>Basì essenziali per formare la serie dei prezzi di ogni sorte di opere..... pag.</i>	32
---	----

Indicazioni generali — base dei prezzi — schiarimenti delle formule inerenti.

CAPITOLO IV.

<i>Preparazione delle strade ordinarie.....</i>	37
---	----

Indicazioni generali.

CAPITOLO V.

<i>Del mantenimento delle strade</i>	42
--	----

Indicazioni generali.

CAPITOLO VI.

<i>Conoscenza dei materiali.....</i>	45
--------------------------------------	----

Delle pietre — delle sabbie — della calce.

CAPITOLO VII.

<i>Impiego delle pietre nelle costruzioni.....</i>	50
--	----

Indicazioni generali.

CAPITOLO VIII.

<i>Delle fabbriche</i>	53
------------------------------	----

Cementi — smalti — terre cotte — pietre.

CAPITOLO IX.

<i>Delle proprietà dei materiali.....</i>	60
---	----

Dei legnami — prospetto delle dimensioni degli albedi costruzione, del peso specifico e del peso nell'aria dei legnami — prospetto del peso specifico, del peso nell'aria, e della resistenza allo schiacciamento.

to delle pietre; del peso specifico e del peso nell'aria delle terre, delle sabbie, della calce, del gesso, del cemento e delle terre cotte — prospetto del peso specifico e del peso nell'aria dei metalli — della resistenza dei legnami, gravitati di testata, tirati per le loro estremità, posati orizzontalmente sopra due appoggi — prospetto relativo — forza dei legnami situati obliquamente — forza e resistenza del ferro battuto — del ferro fuso — della cubatura dei legnami cilindrici e conici — prospetto relativo.

CAPITOLO X.

Della spinta delle terre pag. 73

Indicazione delle formule relative.

CAPITOLO XI.

Della spinta delle volte; dei loro piè dritti e delle loro dimensioni 75

Prospetto relativo — Dei grandi ponti di pietra — prospetto della grossezza delle volte al mezzo della chiave.

CAPITOLO XII.

Fondazione degli Edifizii 79

Indicazioni generali — prospetto relativo alla caduta dei gravi — fondazioni sotto l'acqua — traccia sul terreno delle opere d'arte.

CAPITOLO XIII.

Studii d'apparecchi in pietre da taglio 89

Della stabilità — della direzione del peso — del centro di gravità — posizione o forma delle pietre da taglio per i piè-dritti — dell'apparecchio.

CAPITOLO XIV.

<i>Delle diverse curve applicate agli archi dei ponti di materiale</i>	<i>pag.</i> 95
--	----------------

Della piena centina — dell' ellisse — comparazione del cerchio e dell' ellisse — dell' ovale — della cicloide — della traccia delle centine a più centri — quattro formule relative.

CAPITOLO XV.

<i>Delle proiezioni</i>	105
Indicazioni generali.	

CAPITOLO XVI.

<i>Sviluppo di un ponte ad elica</i>	108
Dimostrazioni relative.	

CAPITOLO XVII.

<i>Costruzione delle centine</i>	111
Dimostrazioni relative — della disarmatura — della formazione delle centine.	

CAPITOLO XVIII.

<i>Studio e valutazione di un acquedotto traversante sotto una strada</i>	117
Dimostrazioni relative — prospetto per la misurazione dettagliata dell' acquedotto — prospetto per la misurazione dettagliata delle armature — prospetto per la valutazione.	

CAPITOLO XIX.

<i>Dei ponti in ferro fuso</i>	123
Indicazioni generali — prospetto delle dimensioni del ponte di Carrousel.	

CAPITOLO XX.

<i>Dei ponti sospesi</i>	<i>pag.</i> 125
--------------------------------	-----------------

Considerazioni generali — prospetto per la classazio-
ne dei fili di ferro — studio di un ponte sospeso
— descrizione — prospetto della resistenza dei ca-
napi e dei mazzetti di filo di ferro di sospensione
— prospetto per determinare la lunghezza dei maz-
zetti — calcolazioni relative ai due predetti pro-
spetti — equilibrio dei pozzi di ammarra — pro-
spetto per la misurazione delle opere murarie —
prospetto per la misurazione delle tinture — pro-
spetto di generale valutazione — considerazioni
particolari.

CAPITOLO XXI.

<i>Delle strade ferrate</i>	147
-----------------------------------	-----

Descrizioni — prospetto della forza di coesione o del-
la flessione delle guide — indicazioni relative —
prospetto delle dimensioni principali di varie guide
— formazione di un railway o viale a guide di
ferro, destinato al transito delle mercanzie — va-
rie indicazioni relative alle strade ferrate — pro-
spetto del peso di diversi vagoni — prospetto del peso
comparativo di diversi sistemi di vagoni — prospetto
relativo all'attrito dei vagoni sulle guide — delle
strade di ferro sul piano inclinato — prospetto del
movimento dei vagoni sopra il piano inclinato —
delle strade di ferro atmosferiche.

CAPITOLO XXII.

<i>Dei canali</i>	165
-------------------------	-----

Descrizione dell'antico canale di Suez — indicazioni
generali sulle proporzioni delle pescaie o chiuse —

pescaie o barriere sui fiumi — porte delle chiuse —
prospetto relativo alla squadratura delle traverse
in legname, delle chiuse.

CAPITOLO XXIII.

Descrizione del canale di Linguadoca o del Mezzogiorno. . pag. 174

Indicazioni generali — prosecuzione del detto canale
sotto la denominazione di canale laterale alla Ga-
ronna — dei suoi più rimarcabili lavori — ponte
girante per canale.

CAPITOLO XXIV.

*Indicazione di lavori con piantazioni di macchia viva, per
la difesa delle ripe dei fiumi e torrenti, e delle spiag-
ge del mare.* 184

Descrizione — sistema di esecuzione — sei prospetti
per la misurazione e stima degli indicati lavori —
prospetto per il riepilogo delle valutazioni.

CAPITOLO XXV.

Teoria delle sorgenti. 499

Indicazioni generali.

CAPITOLO XXVI.

Delle irrigazioni. 207

Indicazioni generali.

CAPITOLO XXVII.

Tavole pei calcoli d'interesse composto discreto, cc. 211

Formule algebriche di base alla costruzione delle ta-
vole — avvertimenti — indicazioni speciali — tre-
dici tavole per le riprove delle calcolazioni inerenti
— avvertimenti relativi ad altre tavole per la
durata probabile della vita umana — otto tavole

sul preindicato soggetto — enunciati di venticinque quesiti per varie calcolazioni, e loro soluzione col mezzo delle riportate tavole — avvertenze generali.

CAPITOLO XXVIII.

Dissertazione sui canali navigabili pag. 290

Indicazioni generali.

CAPITOLO XXIX.

Della solidità ed ornamentazione degli Edifizii, ... 323

Indicazioni generali.

INDICE DELLE TAVOLE.

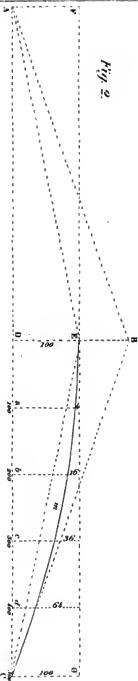
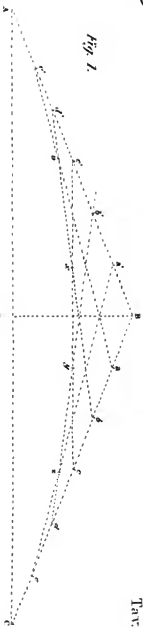
- N. I. Indicazioni per la traccia delle linee stradali
II. Studi di livellazione.
III. Studi di livellazione.
IV. Studi di livellazione.
V. Studi di livellazione e riquadratura.
VI. Cilindro compressore di Schattenman — Cilindro compressore in pietra —
Macchina per la preparazione del cemento.
VII. Indicazioni relative alle fondazioni sotto l'acqua — Paragone di varie curve.
VIII. Sistemi per tracciare le centine per gli archi dei ponti.
IX. Disegno di un acquedotto traversante sotto una strada.
X. Disegni di centine per armature degli archi.
XI. Disegno di un ponte ad arco, traversante obliquamente una strada.
XII. Disegno di un ponte sospeso.
XIII. Indicazioni generali sulle strade ferrate.
XIV. Disegno di un ponte sostenente un acquedotto — Strade di ferro atmosferiche.
XV. Chiusa di canale.
XVI. Ponte girante.
XVII. Lavori per la consolidazione delle ripe dei fiumi.
XVIII. Planta dimostrante i lavori di incanalamento delle acque di un tratto di fiume

FINE.

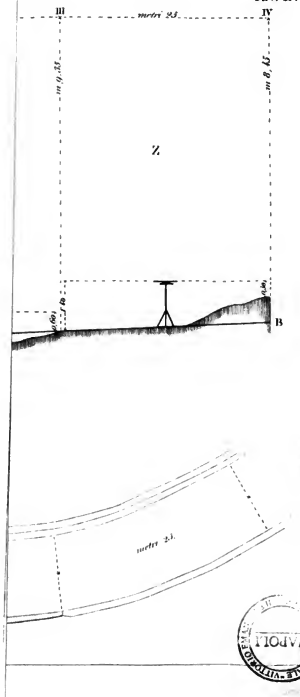
SBN
600197



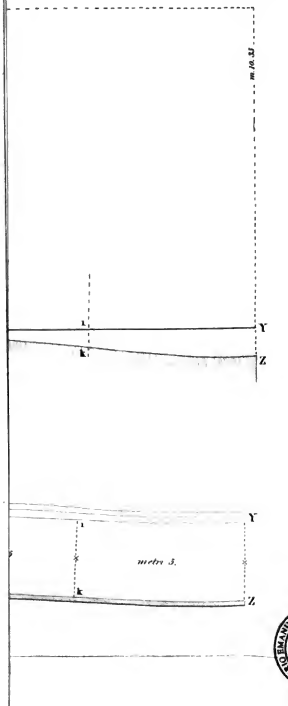
Tab. I.



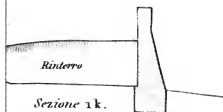
Tav. II.



Tav. III.



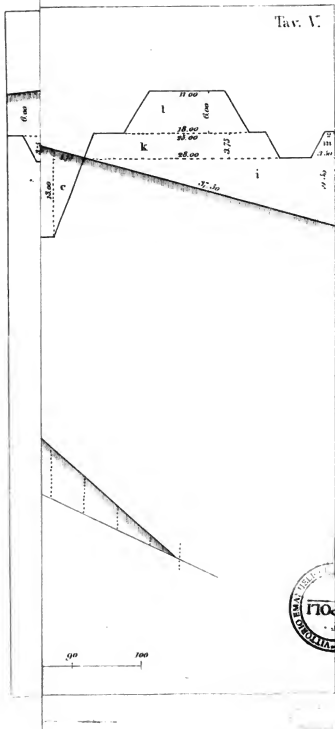
Tav. IV.



9 10 Metri 10.



Tav. V.



Stinctori e aspiratori di Abbot e Moore

Interno

A. Forno. BB. Stettin di indurimento. V. Tunnello del vapore. UD. Traversa e traversiere per il camino. W. Stinctori e aspiratori in ferro, piani

Fig. 1.

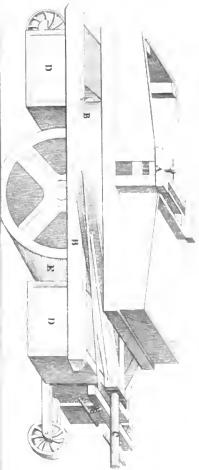


Fig.



Fig. 3.

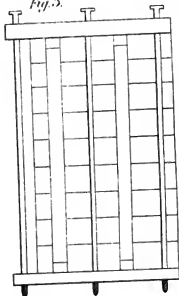


Fig.

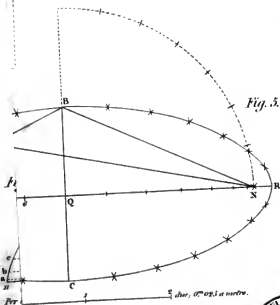


Fig. 3.

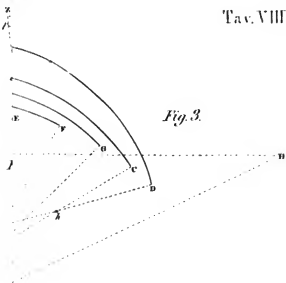
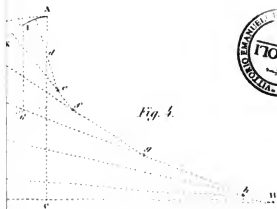


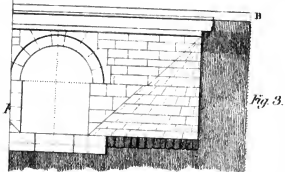
Fig. 4.



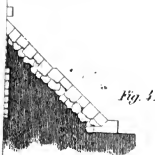
Strada

Tav. IX.

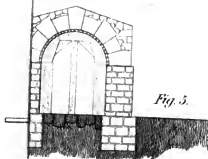
Elevazione di Fronte



sulla Linea C. D.



sulla Linea E. F.



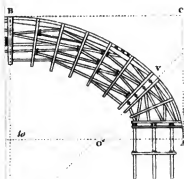
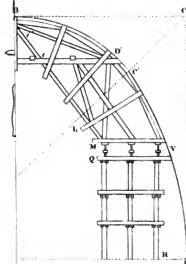
$$k_{ij}^{\cdot}, i.$$


Fig. 1.



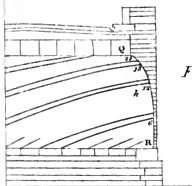


Fig. 4.

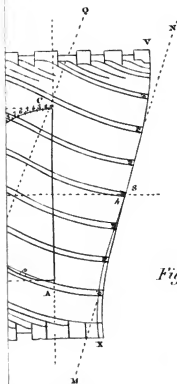


Fig. 2.



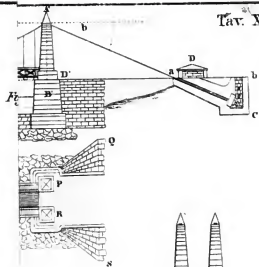


Fig. 5.

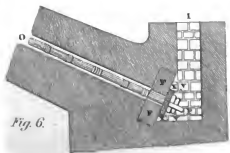
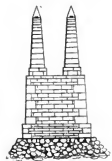


Fig. 6.



Fig. 2.

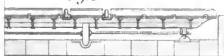


Fig. 3.

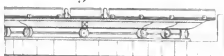
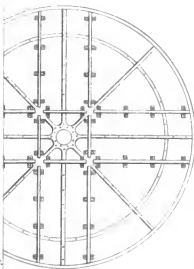


Fig.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 Metri 12

Rapporto di 0.^m 003 a metro

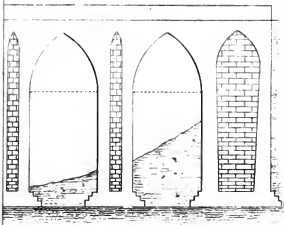
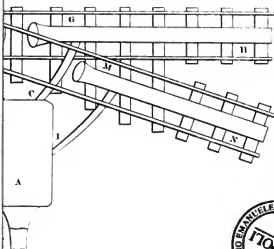
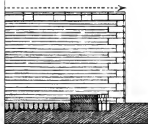


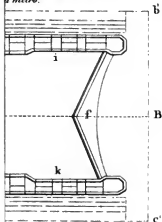
Fig. 3.



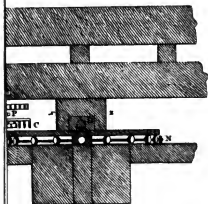
Scala  Metri
Scala di Metri Sei, 0.^m01 a Metro.



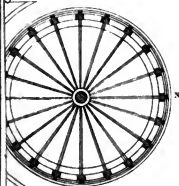
6 7 8 9 10 metri
a metro.



Longitudinale sulla linea o p.



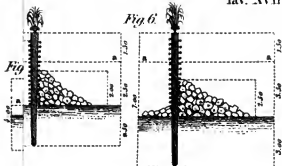
Pianta della Piattaforma



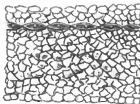
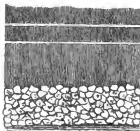
Disegnato



Fig. 6



Le
si
te

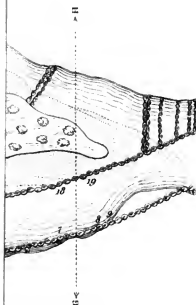




colle di Fiume.

Tav. XVIII.

na dritta. Profilo trasversale sulla linea C D, Riva manca



Riva dritta. Profilo trasversale sulla linea AB, Riva manca



